

PENGARUH RENCANA PEMBANGUNAN TRANSPORTASI MASSAL TERHADAP EMISI GAS BUANG KARBON MONOKSIDA DI SURABAYA

Mochammad Choirul Rizal

Prodi D4 T. Keselamatan dan Kesehatan Kerja,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Jalan T. Kimia Kampus ITS Sukolilo, 60111
Email: mochammadchoirulrizal@yahoo.com

Abstract

The higher growth of vehicles, causing congestion on some roads and may worsen air quality in the city of Surabaya. Surabaya City Government plans to build Mass Transport System as an of efforts to decrease the high growth in the number of private vehicles. It is expected that with mass transportation, carbon monoxide (CO) emissions from transportation sector can decrease and air quality in Surabaya is improving. To know the change of carbon monoxide emission (CO) emission from motor vehicle source due to tram construction plan in Surabaya, it is necessary to do research on the topic. The location of this research is at Jalan Urip Sumoharjo and Jalan Basuki Rahmat.

The research methodologi is calculating the amount of CO emissions of the existing condition, in the plan condition when mass transit transport (tram) is not in operation and the plan condition if the trams in operation. CO emission rate calculation is based on an analysis of vehicle speed for each condition.

The results show for Urip Sumoharjo Road, estimated CO emission for planned condition if tram operates higher than before tram operates. Compared with the existing condition, CO emissions at Urip Sumoharjo increased by 20.71% in pre-tram plan conditions, and increased by 36.25% at the time of the plan if the tram operated. As for the Basuki Rahmat Road segment, an approximate amount of CO emissions for the planned conditions if the tram operates lower than at the time before the tram operates. Compared with the existing condition, CO emission levels on Jalan Basuki Rahmat increased by 32.49% under planned conditions before the tram operated, and decreased by 2.98% at the time of the plan if the tram operated. This is thought to be the case because the percentage of private transporters using a tram of 25.43% is not significant compared to the reduction of road capacity for tram lines.

Keywords: Emission, Carbon Monoxide, Mass Transportation, Modal Split

Abstrak

Pertumbuhan kendaraan yang semakin tinggi, menyebabkan kemacetan di beberapa ruas jalan dan dapat memperburuk kualitas udara di Kota Surabaya. Pemerintah Kota Surabaya berencana membangun sistem transportasi massal sebagai salah satu upaya untuk menekan tingginya pertumbuhan jumlah kendaraan pribadi. Diharapkan dengan adanya angkutan massal, emisi gas buang karbon monoksida (CO) dari sektor transportasi dapat menurun dan kualitas udara di Kota Surabaya membaik. Untuk mengetahui perubahan jumlah emisi gas buang karbon monoksida (CO) dari sumber kendaraan bermotor akibat rencana pembangunan trem di Surabaya, maka perlu dilakukan penelitian tentang topik tersebut. Lokasi penelitian ini yaitu di Jalan Urip Sumoharjo dan Jalan Basuki Rahmat.

Metodologi penelitian ini yaitu melakukan perhitungan emisi gas buang CO pada kondisi eksisting, pada tahun rencana saat angkutan transportasi massal (trem) belum beroperasi dan saat tahun rencana jika trem beroperasi. Perhitungan tingkat emisi CO berdasarkan analisa kecepatan kendaraan masing-masing kondisi.

Hasil analisa menunjukkan untuk ruas Jalan Urip Sumoharjo, perkiraan jumlah emisi CO untuk kondisi rencana apabila trem beroperasi lebih tinggi daripada pada saat sebelum trem beroperasi. Jika dibandingkan dengan kondisi eksisting, tingkat emisi CO di Jalan Urip Sumoharjo meningkat sebesar 20.71% pada kondisi rencana saat trem sebelum beroperasi, dan meningkat sebesar 36.25% pada saat kondisi rencana apabila trem beroperasi. Sedangkan untuk ruas Jalan Basuki Rahmat, perkiraan jumlah emisi CO untuk kondisi rencana apabila trem beroperasi lebih rendah daripada pada saat sebelum trem beroperasi. Jika dibandingkan dengan kondisi eksisting, tingkat emisi CO di Jalan Basuki Rahmat meningkat sebesar 32.49% pada kondisi rencana sebelum trem beroperasi, dan menurun sebesar 2.98% pada saat kondisi rencana apabila trem beroperasi. Hal tersebut diperkirakan terjadi karena prosentase pengguna kendaraan pribadi yang berpindah moda menggunakan trem sebesar 25.43% tidak begitu signifikan dibandingkan dengan pengurangan kapasitas jalan untuk jalur trem.

Kata Kunci: Emisi, Karbon Monoksida (CO), Transportasi Massal, Perpindahan Moda

PENDAHULUAN

Surabaya yang merupakan kota terbesar kedua di Indonesia memiliki beragam aktivitas ekonomi. Hal tersebut tentunya berkaitan dengan pergerakan manusia dan barang yang artinya adalah tak bisa lepas dari sektor transportasi. Semakin baik sistem transportasi di suatu wilayah, maka akan berbanding lurus dengan pertumbuhan

ekonomi di wilayah tersebut. Sistem transportasi yang ada di Surabaya dapat dikatakan belum baik, hal ini ditunjukkan dengan adanya beberapa titik kemacetan di kota Surabaya.

Kemacetan yang terjadi disebabkan oleh pertumbuhan kendaraan yang sangat tinggi namun tidak diikuti oleh penambahan kapasitas jalan yang cukup

signifikan. Setiap tahunnya pertumbuhan kendaraan roda dua diperkirakan mencapai 11 persen, sedangkan roda empat mencapai 6 persen (Rizal, 2016). Seperti diketahui bahwa sektor transportasi termasuk salah satu sektor terbesar penyumbang emisi gas buang selain sektor industri dan sektor energi. Banyaknya jumlah kendaraan dan terjadinya kemacetan di beberapa titik di wilayah kota Surabaya tentunya akan berdampak pada buruknya kualitas udara di kota Surabaya.

Salah satu program kebijakan yang dicanangkan oleh pemerintah untuk mengurangi kemacetan adalah dengan membangun sistem angkutan massal cepat berbasis tenaga listrik yang salah satunya berupa trem. Hal ini sesuai dengan Perda No. 12 Tahun 2014 tentang RTRW Kota Surabaya Tahun 2014-2034. Rencana jalur trem yang akan dibangun oleh Pemerintah Kota Surabaya adalah koridor utara – selatan, yaitu mulai dari wilayah Perak sampai ke Terminal Joyoboyo.

Dengan adanya rencana pembangunan transportasi massal berupa trem ini, tentunya Pemerintah Kota Surabaya berharap banyaknya pengguna jalan yang menggunakan kendaraan pribadi bersedia untuk alih moda menggunakan trem. Dengan kondisi tersebut, maka diharapkan terjadi penurunan emisi gas buang kendaraan yang mana akan berdampak pada membaiknya kualitas udara di kota Surabaya. Namun, belum dapat diketahui sampai berapakah tingkat penurunan emisi gas buang kendaraan yang akan terjadi.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini topik yang akan dibahas adalah Pengaruh Rencana Pembangunan Transportasi Massal Terhadap Emisi Gas Buang Karbon Monoksida Di Surabaya. Lokasi studi pada penelitian ini hanya dibatasi pada ruas Jalan Urip Sumoharjo dan Jalan Basuki Rahmat (**Gambar 1**). Dimana ruas jalan tersebut termasuk dalam ruas jalan yang akan dilalui oleh rute trem, dan juga termasuk dalam beberapa titik rawan kemacetan di Surabaya.

KAJIAN PUSTAKA DAN TEORI

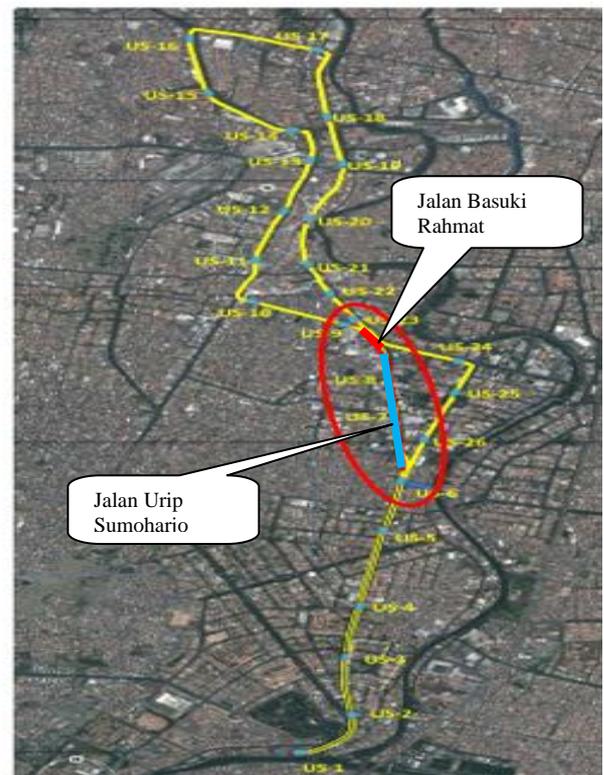
Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melalui suatu ruas jalan pada periode waktu tertentu. Untuk mengukur jumlah arus lalu- lintas, biasanya dinyatakan dalam kendaraan per hari, smp per jam, dan kendaraan per menit (MKJI, 1997). Manfaat data (informasi) volume adalah:

- Nilai kepentingan relatif suatu rute
- Fluktuasi arus lalu lintas
- Distribusi lalu lintas dalam sebuah sistem jalan
- Kecenderungan pemakai jalan

Data volume dapat berupa:

- Volume berdasarkan arah arus:
 - Dua arah
 - Satu arah
 - Arus lurus
 - Arus belok, baik belok kiri, maupun belok kanan.



Gambar 1. Peta Lokasi Studi

Sumber: Dokumen Bappeko Surabaya (2013)

- Volume berdasarkan jenis kendaraan, seperti antara lain:
 - Mobil penumpang atau kendaraan ringan (LV)
 - Kendaraan berat (HV)
 - Sepeda motor (MC)

Pada umumnya kendaraan di suatu ruas jalan terdiri dari berbagai komposisi. Volume lalu lintas lebih praktis jika dinyatakan dalam jenis kendaraan standart yaitu mobil penumpang (smp). Untuk mendapatkan volume dalam smp, maka diperlukan faktor konversi dan berbagai macam kendaraan menjadi mobil penumpang, yaitu faktor ekuivalen mobil penumpang (emp).

Emisi Gas Buang Kendaraan

Pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau berubahnya tatanan (komposisi) udara oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sehingga kualitas udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Kusuma, 2013).

Polusi udara saat ini sudah banyak menimbulkan masalah yang harus segera diatasi terutama di daerah perkotaan yang sudah padat lalu lintasnya dan pada kawasan industri berat.

Polusi yang diakibatkan yang diakibatkan lalu lintas jalan raya dipengaruhi oleh emisi gas buang kendaraan. Faktor-faktor yang mempengaruhi besaran emisi gas buang tersebut adalah:

- Jenis kendaraan: teknologi, kapasitas mesin.
- Jenis dan bahan bakar yang digunakan.
- Usia dan kualitas perawatan kendaraan.
- Kecepatan kendaraan dan Fluktuasi Kecepatan.

- e. Geometri jalan: tanjakan dan turunan
- f. Temperatur mesin

Umumnya di daerah perkotaan yang mempunyai banyak kegiatan industri dan teknologi serta lalu lintas yang padat. Udaranya relatif sudah tidak bersih lagi karena terkena bermacam-macam pencemar. Dari beberapa macam komponen udara, maka yang paling banyak berpengaruh dalam pencemaran udara adalah komponen-komponen sebagai berikut:

- a. Karbon Monoksida (CO)
- b. Nitrogen Oksida (NOx)
- c. Sulfur Oksida (SOx)
- d. Hidrokarbo (HC)
- e. Partikel (Particulate) dan lain-lain.

Dari beberapa jenis polutan ini, karbon monoksida (CO) merupakan salah satu polutan yang paling banyak yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor (Sengkey, Jansen dan Wallah, 2011).

Pengaruhnya gas buang tersebut terhadap kesehatan adalah dapat menyebabkan iritasi dan pengotoran saluran pernafasan pada paru-paru. Hal tersebut dapat disebabkan oleh sulfur, NOx, Ozon dan komponen lain. Dalam waktu yang relatif cukup lama, kondisi tersebut akan berkembang dan dapat mengakibatkan bronchitis, gangguan paru-paru dan pneumonia, gas buang kendaraan dapat mengakibatkan peningkatan konsentrasi timah dalam darah yang menyebabkan penurunan kemampuan absorbs oksigen.

Perhitungan Emisi Gas Buang

Untuk menghitung nilai polutan komponen karbon monoksida (CO), yang pertama dilakukan adalah menormalisasi volume kendaraan ke satuan mobil penumpang. Untuk dapat menormalisasi volume kendaraan ke satuan mobil penumpang (smp), digunakan tabel faktor pengali emisi CO berdasarkan jenis kendaraan (Sengkey. et al, 2011).

Setelah menormalisasi volume kendaraan ke satuan mobil penumpang, selanjutnya menghitung laju emisi (q). Laju emisi adalah besarnya massa polutan yang dilepaskan oleh satu kendaraan per kilometer jarak tempuh. Laju emisi didapatkan dengan memasukkan variabel kecepatan kendaraan rata-rata pada ruas jalan yang diprediksi dengan persamaan berikut (Sengkey. et al, 2011).

$$qCO = 867,92 V - 0,8648 \quad (1)$$

dengan V adalah kecepatan rata-rata kendaraan pada ruas jalan tertentu (km/jam).

Tabel 1. Faktor Pengali Untuk Emisi CO

Jenis Kendaraan	Faktor Pengali Emisi CO			
	Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Lain-lain
Sepeda Motor (MC)	0,6	0,6	0,6	0,6
Kendaraan Penumpang (LV)	1	0,76	0,8	0,76
Kendaraan Berat (HV)	1,97	1,93	1,95	1,93

Sumber: Puslitbang Jalan PU (1999)

Perhitungan Prosentase Perpindahan Moda

Untuk menghitung prosentase perpindahan moda, terlebih dahulu dilakukan sampling wawancara kesediaan pengguna jalan berpindah moda menggunakan trem. Dari data hasil wawancara kemudian dilakukan Uji Wald dengan bantuan program bantu. Kemudian dari hasil Uji Wald, untuk memperoleh prosentase perpindahan moda dihitung menggunakan persamaan logit sebagai berikut.

$$\text{logit}(p) = \ln [p/(1-p)] \quad (2)$$

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, yang menjadi lokasi studi adalah ruas Jalan Urip Sumaharjo dan Jalan Basuki Rahmat, Surabaya. Kedua ruas jalan tersebut termasuk wilayah titik kemacetan dan merupakan ruas jalan yang akan dilalui oleh rencana rute trem. Sedangkan parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah volume kendaraan, kecepatan kendaraan berdasarkan kinerja jalan, dan nilai polutan karbon monoksida (CO). Semua parameter tersebut akan dibandingkan pada saat kondisi eksisting (sebelum trem beroperasi) dan pada saat kondisi rencana (setelah trem beroperasi). Metode pendekatan yang digunakan untuk memprediksi nilai polutan karbon monoksida (CO) adalah pendekatan teoritis dengan menggunakan persamaan (1), dimana kecepatan kendaraan sebagai variabelnya.

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 2 jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Untuk metode pengumpulan data primer adalah sebagai berikut:

- a. Data Volume Lalu Lintas → diperoleh melalui survei volume lalu lintas pada hari kerja mulai pukul 06.00-22.00.
- b. Data Geometrik Jalan → diperoleh melalui survei pengukuran geometrik jalan.
- c. Data kesediaan berpindah moda → diperoleh dengan melakukan *sampling* wawancara terhadap pengguna jalan yang termasuk dalam lokasi studi, kemudian dilakukan Uji Wald dan selanjutnya menghitung prosentase perpindahan moda menggunakan persamaan logit (persamaan (2)).

Sedangkan untuk data sekunder, diperoleh melalui studi literatur terkait data yang diperlukan.

Dalam penelitian ini beberapa analisis data yang akan dilakukan adalah:

1. Perhitungan Kinerja Jalan → diperlukan untuk mengetahui kecepatan kendaraan berdasarkan masing-masing jenis kendaraan di masing-masing ruas jalan.
2. Perhitungan emisi gas buang karbon monoksida (CO) sektor transportasi pada kondisi eksisting (sebelum trem beroperasi). Perhitungan nilai polutan karbon dioksida dihitung berdasarkan variabel kecepatan kendaraan.

Perhitungan emisi gas buang karbon monoksida (CO) sektor transportasi pada kondisi eksisting (sebelum trem beroperasi). Perhitungan nilai polutan karbon dioksida dihitung berdasarkan variabel kecepatan kendaraan. Dalam analisa ini, perubahan kecepatan diperoleh dari perubahan kinerja jalan, dimana perubahan kinerja jalan dihitung dari perubahan 9

3. volume kendaraan akibat perpindahan moda dan perubahan kapasitas jalan akibat adanya rencana rute trem.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil survei volume kendaraan eksisting disajikan pada **Tabel 2** berikut.

Tabel 2. Data Volume Kendaraan Pada Saat Jam Puncak

Lokasi	Arah 1 (kendaraan/detik)			Arah 2 (kendaraan/detik)		
	MC	LV	HV	MC	LV	HV
	Jalan Urip Sumoharjo (6/2 D)					
Pagi	2.4600	1.0547	0.0028	1.8097	0.5122	0.0022
Siang	1.9147	1.1736	0.0044	1.3753	0.5572	0.0017
Sore	1.3381	0.6553	0.0008	3.1161	0.9297	0.0008
Jalan Basuki Rahmat (5/1 D)						
Pagi	4.1883	3.1386	0.0014	-	-	-
Siang	3.9956	3.6392	0.0008	-	-	-
Sore	4.7403	1.7181	0.0011	-	-	-

Sumber: Pengolahan Data (2017)

Berdasarkan data volume kendaraan eksisting hasil survei pada **Tabel 2**, dapat dilihat bahwa komposisi kendaraan didominasi oleh sepeda motor dan kendaraan penumpang.

Selanjutnya dari data volume kendaraan yang diperoleh, kemudian diproyeksikan untuk kondisi sebelum trem beroperasi (asumsi beroperasi tahun 2019) dan apabila trem beroperasi. Hasil proyeksi data sebelum trem beroperasi tersebut disajikan pada **Tabel 3** berikut.

Tabel 3. Data Volume Kendaraan Kondisi Rencana Sebelum Trem Beroperasi

Lokasi	Arah 1 (kendaraan/detik)			Arah 2 (kendaraan/detik)		
	MC	LV	HV	MC	LV	HV
	Jalan Urip Sumoharjo (6/2 D)					
Pagi	3.0310	1.1851	0.0029	2.2298	0.5755	0.0024
Siang	2.3591	1.3187	0.0047	1.6945	0.6261	0.0018
Sore	1.6486	0.7363	0.0009	3.8394	1.0446	0.0009
Jalan Basuki Rahmat (5/1 D)						
Pagi	5.1604	3.5265	0.0015	-	-	1
Siang	4.9229	4.0890	0.0009	-	-	-
Sore	5.8405	1.9304	0.0012	-	-	-

Sumber: Pengolahan Data (2017)

Berikutnya adalah analisa perpindahan moda untuk dapat memprediksi volume kendaraan apabila trem beroperasi. Hasil Uji Wald dari hasil wawancara terhadap responden disajikan pada **Tabel 4** berikut. Responden yang diwawancarai adalah *sample* pengguna kendaraan yang melintas di ruas Jalan Urip Sumoharjo dan Jalan Basuki Rahmat yang sedang berhenti. Berdasarkan hasil Uji Wald, variabel yang signifikan yang berpengaruh terhadap perpindahan moda adalah variabel tujuan perjalanan dan jarak perjalanan.

Tabel 4. Hasil Uji Wald

	Variables in the Equation							
	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I. for EXP(B)	
							Lower	Upper
Tujuan	1.042	.616	2.861	1	.091	2.834	.848	9.472
Jarak	-.664	.591	1.262	1	.261	.515	.162	1.639
Frekuensi	-.772	.485	2.531	1	.112	.462	.179	1.196
Maksud	-.035	.255	.019	1	.891	.966	.585	1.593
Constant	.034	1.096	.001	1	.975	1.035		

Sumber: Pengolahan Data (2017)

Berdasarkan hasil Uji Wald tersebut, kemudian dilakukan analisa perpindahan moda menggunakan persamaan logit sebagai berikut.

$$\text{logit}(p) = \ln [p/(1-p)]$$

$$= 0.034 + 1.042$$

$$= 1.076$$

$$p(\text{trem}) = 1 / (1 + e^{1.076})$$

$$= 0.2543$$

$$= 25.43\%$$

Dari analisa perpindahan moda diperoleh nilai prosentase perpindahan moda dari kendaraan pribadi ke trem sebesar 25.43%. Proyeksi data volume kendaraan apabila trem beroperasi disajikan pada **Tabel 5**.

Setelah diperoleh data volume kendaraan untuk masing-masing kondisi, selanjutnya dilakukan perhitungan konversi dari data volume kendaraan/detik menjadi smp/detik dengan mengalikan dengan faktor emisi pengali CO. Hasil perhitungan faktor pengali emisi CO untuk masing-masing kondisi disajikan pada **Tabel 6**, **Tabel 7** dan **Tabel 8**.

Tabel 5. Data Volume Kendaraan Kondisi Rencana Apabila Trem Beroperasi

Lokasi	Arah 1 (kendaraan/detik)			Arah 2 (kendaraan/detik)		
	MC	LV	HV	MC	LV	HV
	Jalan Urip Sumoharjo (6/2 D)					
Pagi	2.2602	0.8837	0.0029	1.6627	0.4292	0.0024
Siang	1.7592	0.9833	0.0047	1.2636	0.4669	0.0018
Sore	1.2294	0.5490	0.0009	2.8630	0.7790	0.0009
Jalan Basuki Rahmat (5/1 D)						
Pagi	3.8481	2.6297	0.0015	-	-	-
Siang	3.6710	3.0491	0.0009	-	-	-
Sore	4.3553	1.4395	0.0012	-	-	-

Sumber: Pengolahan Data (2017)

Tabel 6. Konversi Faktor Pengali Emisi CO Kondisi Eksisting

Lokasi	Arah 1 (smp/detik)			Arah 2 (smp/detik)		
	MC	LV	HV	MC	LV	HV
	Jalan Urip Sumoharjo (6/2 D)					
Pagi	1.4760	1.0547	0.0055	1.0858	0.5122	0.0044
Siang	1.1488	1.1736	0.0088	0.8252	0.5572	0.0033
Sore	0.8028	0.6553	0.0016	1.8697	0.9297	0.0016
Jalan Basuki Rahmat (5/1 D)						
Pagi	2.5130	3.1386	0.0027	-	-	-
Siang	2.3973	3.6392	0.0016	-	-	-
Sore	2.8442	1.7181	0.0022	-	-	-

Sumber: Pengolahan Data (2017)

Tabel 7. Konversi Faktor Pengali Emisi CO Kondisi Rencana Sebelum Trem Beroperasi

Lokasi	Arah 1 (smp/detik)			Arah 2 (smp/detik)		
	MC	LV	HV	MC	LV	HV
Jalan Urip Sumoharjo (6/2 D)						
Pagi	1.8186	1.1851	0.0058	1.3379	0.5755	0.0046
Siang	1.4155	1.3187	0.0093	1.0167	0.6261	0.0035
Sore	0.9892	0.7363	0.0017	2.3036	1.0446	0.0017
Jalan Basuki Rahmat (5/1 D)						
Pagi	3.0963	3.5265	0.0029	-	-	-
Siang	2.9538	4.0890	0.0017	-	-	-
Sore	3.5043	1.9304	0.0023	-	-	-

Sumber: Pengolahan Data (2017)

Tabel 8. Konversi Faktor Pengali Emisi CO Kondisi Rencana Apabila Trem Beroperasi

Lokasi	Arah 1 (smp/detik)			Arah 2 (smp/detik)		
	MC	LV	HV	MC	LV	HV
Jalan Urip Sumoharjo (6/2 D)						
Pagi	1.3561	0.8837	0.0058	0.9976	0.4292	0.0046
Siang	1.0555	0.9833	0.0093	0.7581	0.4669	0.0035
Sore	0.7376	0.5490	0.0017	1.7178	0.7790	0.0017
Jalan Basuki Rahmat (5/1 D)						
Pagi	2.3089	2.6297	0.0029	-	-	-
Siang	2.2026	3.0491	0.0017	-	-	-
Sore	2.6132	1.4395	0.0023	-	-	-

Sumber: Pengolahan Data (2017)

Selanjutnya setelah didapatkan faktor pengali emisi CO adalah melakukan analisa kecepatan kendaraan berdasarkan kinerja ruas jalan untuk masing-masing kondisi. Perubahan kecepatan kendaraan dipengaruhi oleh kinerja ruas jalan. Perubahan kinerja ruas jalan dipengaruhi oleh perubahan volume kendaraan dan berkurangnya kapasitas ruas jalan akibat sebagian badan jalan dipergunakan sebagai rencana jalur rel trem. Hasil analisa kecepatan kendaraan untuk masing-masing kondisi disajikan pada **Tabel 9**, **Tabel 10** dan **Tabel 11**.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Kecepatan Kendaraan Kondisi Eksisting

Lokasi	Arah 1 (km/jam)			Arah 2 (km/jam)		
	MC	LV	HV	MC	LV	HV
Jalan Urip Sumoharjo (6/2 D)						
Pagi	9.26	3.16	1.32	13.22	4.77	2.05
Siang	9.21	3.14	1.31	13.57	4.92	2.12
Sore	12.77	4.58	1.96	9.33	3.19	1.33
Jalan Basuki Rahmat (5/1 D)						
Pagi	4.85	1.56	0.63	-	-	-
Siang	4.30	1.36	0.55	-	-	-
Sore	7.05	2.35	0.97	-	-	-

Sumber: Pengolahan Data (2017)

Tabel 10. Hasil Perhitungan Kecepatan Kendaraan Kondisi Rencana Saat Trem Belum Beroperasi

Lokasi	Arah 1 (km/jam)			Arah 2 (km/jam)		
	MC	LV	HV	MC	LV	HV
Jalan Urip Sumoharjo (6/2 D)						
Pagi	8.31	2.80	1.16	12.15	4.32	1.84
Siang	8.30	2.80	1.16	12.55	4.48	1.92
Sore	11.78	4.17	1.77	8.33	2.80	1.16
Jalan Basuki Rahmat (5/1 D)						
Pagi	4.16	1.32	0.53	-	-	-

Lokasi	Arah 1 (km/jam)			Arah 2 (km/jam)		
	MC	LV	HV	MC	LV	HV
Siang	3.65	1.14	0.45	-	-	-
Sore	6.20	2.04	0.83	-	-	-

Sumber: Pengolahan Data (2017)

Tabel 11. Hasil Perhitungan Kecepatan Kendaraan Kondisi Rencana Apabila Trem Beroperasi

Lokasi	Arah 1 (km/jam)			Arah 2 (km/jam)		
	MC	LV	HV	MC	LV	HV
Jalan Urip Sumoharjo (6/2 D)						
Pagi	5.98	1.94	0.79	9.51	3.26	1.36
Siang	5.97	1.94	0.79	9.89	3.41	1.43
Sore	9.24	3.15	1.32	5.92	1.92	0.78
Jalan Basuki Rahmat (5/1 D)						
Pagi	4.25	1.35	0.54	-	-	-
Siang	3.73	1.17	0.47	-	-	-
Sore	6.29	2.07	0.85	-	-	-

Sumber: Pengolahan Data (2017)

Berdasarkan hasil perhitungan kecepatan menunjukkan bahwa untuk Jalan Urip Sumoharjo, perkiraan kecepatan kendaraan kondisi rencana pada saat trem beroperasi lebih rendah daripada kecepatan kendaraan sebelum trem beroperasi. Sedangkan untuk Jalan Basuki Rahmat, perkiraan kecepatan kendaraan kondisi rencana pada saat trem beroperasi lebih tinggi daripada kecepatan kendaraan sebelum trem beroperasi.

Setelah mendapatkan kecepatan kendaraan untuk masing-masing kondisi, berikutnya dilakukan perhitungan laju emisi CO. Hasil perhitungan laju emisi CO untuk masing-masing kondisi disajikan pada **Tabel 12**, **Tabel 13** dan **Tabel 14**.

Tabel 12. Hasil Perhitungan Laju Emisi CO (qCO) Kondisi Eksisting

Lokasi	Arah 1 (gr/km)			Arah 2 (gr/km)		
	MC	LV	HV	MC	LV	HV
Jalan Urip Sumoharjo (6/2 D)						
Pagi	126.60	320.60	683.02	93.05	224.76	466.78
Siang	127.20	322.33	686.95	90.99	218.92	453.69
Sore	95.89	232.82	484.90	125.78	318.23	677.65
Jalan Basuki Rahmat (5/1 D)						
Pagi	221.38	592.18	1298.49	-	-	-
Siang	246.00	664.33	1464.18	-	-	-
Sore	160.26	414.20	892.04	-	-	-

Sumber: Pengolahan Data (2017)

Tabel 13. Hasil Perhitungan Laju Emisi CO (qCO) Kondisi Rencana Sebelum Trem Beroperasi

Lokasi	Arah 1 (gr/km)			Arah 2 (gr/km)		
	MC	LV	HV	MC	LV	HV
Jalan Urip Sumoharjo (6/2 D)						
Pagi	139.08	356.54	764.55	100.13	244.89	512.02
Siang	139.16	356.76	765.06	97.39	237.08	494.46
Sore	102.85	252.61	529.40	138.82	355.79	762.86
Jalan Basuki Rahmat (5/1 D)						
Pagi	252.80	684.29	1510.05	-	-	-
Siang	283.29	774.11	1716.67	-	-	-
Sore	179.19	469.07	1017.08	-	-	-

Sumber: Pengolahan Data (2017)

Tabel 14. Hasil Perhitungan Laju Emisi CO (qCO) Kondisi Rencana Apabila Trem Beroperasi

Lokasi	Arah 1 (gr/km)			Arah 2 (gr/km)		
	MC	LV	HV	MC	LV	HV

Jalan Urip Sumoharjo (6/2 D)						
Pagi	184.79	489.18	1066.95	123.81	312.57	664.82
Siang	184.99	489.77	1068.29	119.64	300.62	637.78
Sore	126.86	321.36	684.73	186.33	493.68	1077.26
Jalan Basuki Rahmat (5/1 D)						
Pagi	248.42	671.43	1480.50	-	-	-
Siang	277.94	758.33	1680.34	-	-	-
Sore	176.82	462.20	1001.39	-	-	-

Sumber: Pengolahan Data (2017)

Berdasarkan hasil perhitungan laju emisi CO, kemudian dilakukan perhitungan jumlah emisi CO untuk masing-masing kondisi. Perhitungan dilakukan dengan cara mengalikan laju emisi CO dengan faktor pengali emisi CO. Dari total emisi CO masing-masing jam puncak, kemudian dirata-rata untuk dilakukan perhitungan perkiraan jumlah emisi CO per hari. Hasil perhitungan jumlah emisi CO untuk masing-masing kondisi disajikan pada Tabel 15.

Tabel 15. Perkiraan Jumlah Emisi CO Masing-Masing Kondisi

Lokasi	Total CO Rata-Rata per Hari (kg/hari)	Total CO Rata-Rata per Tahun (kg/tahun)
Jalan Urip Sumoharjo (6/2 D)		
Eksisting	73662.30	26886739.47
Sebelum Trem Beroperasi	88927.66	32458595.65
Apabila Trem Beroperasi	100368.01	36634324.13
Jalan Basuki Rahmat (5/1 D)		
Eksisting	126670.41	46234700.30
Sebelum Trem Beroperasi	167830.16	61258009.12
Apabila Trem Beroperasi	122892.90	44855910.05

Sumber: Pengolahan Data (2017)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan perkiraan jumlah emisi gas buang CO untuk masing-masing kondisi seperti pada Tabel 15, dapat dilihat bahwa untuk ruas Jalan Urip Sumoharjo, perkiraan jumlah emisi gas buang CO untuk kondisi rencana apabila trem beroperasi lebih tinggi daripada pada saat sebelum trem beroperasi. Berdasarkan hasil perhitungan, jumlah emisi gas buang CO dari sumber kendaraan bermotor di ruas Jalan Urip Sumoharjo pada saat eksisting yaitu sebesar 73662.30 kg/hari atau 26886739.47 kg/tahun. Kemudian jumlah emisi gas buang CO dari sumber kendaraan bermotor di ruas Jalan Urip Sumoharjo sebelum trem beroperasi adalah sebesar 88927.66 kg/hari atau 32458595.65 kg/tahun. Sedangkan jumlah emisi gas buang CO dari sumber kendaraan bermotor di ruas Jalan Urip Sumoharjo pada saat trem beroperasi adalah sebesar 100368.01 kg/hari atau 36634324.13 kg/tahun. Jika dibandingkan dengan kondisi eksisting, tingkat emisi CO di Jalan Urip Sumoharjo meningkat sebesar 20.71% pada kondisi rencana sebelum trem beroperasi, dan meningkat sebesar 36.25% pada saat kondisi rencana apabila trem beroperasi. Berikutnya untuk ruas Jalan Basuki Rahmat, perkiraan jumlah emisi CO untuk kondisi rencana apabila trem beroperasi lebih rendah daripada pada saat sebelum trem beroperasi. Berdasarkan hasil perhitungan, jumlah emisi gas buang CO dari sumber kendaraan bermotor di ruas Jalan Basuki Rahmat pada saat

eksisting yaitu sebesar 126670.41 kg/hari atau 46234700.30 kg/tahun. Kemudian jumlah emisi gas buang CO dari sumber kendaraan bermotor di ruas Jalan Basuki Rahmat sebelum trem beroperasi adalah sebesar 167830.16 kg/hari atau 61258009.12 kg/tahun. Sedangkan jumlah emisi gas buang CO dari sumber kendaraan bermotor di ruas Jalan Basuki Rahmat pada saat trem beroperasi adalah sebesar 122892.90 kg/hari atau 44855910.05 kg/tahun. Jika dibandingkan dengan kondisi eksisting, tingkat emisi CO di Jalan Basuki Rahmat meningkat sebesar 32.49% pada kondisi rencana sebelum trem beroperasi, dan menurun sebesar 2.98% pada saat kondisi rencana apabila trem beroperasi. Hal tersebut diperkirakan terjadi karena prosentase pengguna kendaraan pribadi yang berpindah moda menggunakan trem tidak begitu signifikan dibandingkan dengan pengurangan kapasitas jalan untuk jalur trem.

Hal yang dapat disarankan dari hasil penelitian ini untuk mendukung program rencana pembangunan trem dalam mengurangi emisi gas buang sektor transportasi adalah rencana penerapan *traffic demand management*. Dengan harapan prosentase jumlah pengguna kendaraan pribadi yang berpindah ke trem lebih banyak dan signifikan dibandingkan dengan pengurangan kapasitas jalan yang digunakan untuk jalur rel trem. Selain itu, saran berikutnya adalah mengenai penataan taman-taman jalan di sepanjang jalur rel trem. Hal tersebut diharapkan juga dapat mengurangi tingkat emisi CO apabila trem beroperasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Dirjen Binamarga.
- Hayati, F.M., Wicaksono, A., Sutikno, R.S. (2013). "Biaya Kemacetan dan Polusi Karbon Monoksida Pada Lalu Lintas Akibat Adanya Pembangunan Fly-Over". *Jurnal Tata Kota dan Daerah*, Vol.5, No.2, Desember 2013, Hal 87-96.
- Kusuma, Y. (2013). "Pengaruh Bahan Bakar Pada Aktivitas Transportasi Terhadap Pencemaran Udara". *Jurnal Sigma-Mu*, Vol.5, No.1, 2013, Hal 533-553.
- Rizal, M.C., (2016). "Studi Rencana Traffic Demand Manajemen Akibat Pembangunan Angkutan Massal Cepat Di Surabaya". *Prosiding, Simposium Internasional, FSTPT ke 19, Oktober, Yogyakarta*.
- Sengkey, S.L., Jansen, F., Wallah, S. (2011). "Tingkat Pencemaran Udara CO Akibat Lalu Lintas Dengan Model Prediksi Polusi Udara Skala Mikro". *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, Vol.1, No.2, Juli 2011, Hal 119-126.