

KAJIAN EMISI GAS RUMAH KACA (CO_2 , CH_4 DAN N_2O) AKIBAT AKTIVITAS KENDARAAN (STUDI KASUS AREA SUKUN DAN TERMINAL TERBOYO)

Riska Andria Lina,^{*)} Endro Sutrisno^{**)} Haryono Setiyo Huboyo^{**)}

Program Studi S1 Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

email: riska.andrialina@gmail.com

Abstrak

Meningkatnya jumlah kendaraan berdampak pada peningkatan beban emisi gas rumah kaca (CO_2 , CH_4 dan N_2O). Pencemar gas rumah kaca dianalisis untuk mengetahui beban emisi yang dihasilkan dari tiap jenis kendaraan dari konsumsi bahan bakar minyak. Penelitian ini dilakukan di Area Sukun dan Terminal Terboyo dimana pada tempat tersebut merupakan tempat yang padat dengan aktivitas transportasi masal. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi aktivitas kendaraan, menghitung dan menganalisis beban emisi gas rumah kaca ketika kendaraan bergerak dan ketika waktu menunggu dan memberikan rekomendasi aksi mitigasi akibat emisi untuk mengurangi emisi. Aktivitas kendaraan pada Area Sukun dan Terminal Terboyo yang menghasilkan emisi terjadi pada saat hot start dan cold start, kendaraan bergerak, ketika waktu menunggu (idle time). Emisi kendaraan bergerak dihitung dengan menggunakan Tier 2. Emisi kendaraan bergerak terbesar di Area Sukun dihasilkan oleh bus besar yaitu CO_2e sebesar 2,08 ton/tahun sedangkan pada terminal Terboyo emisi terbesar dihasilkan oleh bus sedang yaitu pada data perhitungan langsung CO_2e sebesar 347,97 ton/tahun dan pada data dishub sebesar CO_2e sebesar 382,72 ton/tahun. Ketika waktu menunggu emisi terbesar di Area Sukun dihasilkan oleh bus besar yaitu CO_2e sebesar 43,53 ton/tahun sedangkan pada terminal Terboyo emisi terbesar dihasilkan oleh bus besar yaitu pada perhitungan langsung CO_2e sebesar 196,56 ton/tahun dan pada data dishub CO_2e sebesar 206,50 ton/tahun. Rekomendasi aksi mitigasi akibat emisi GRK yang berasal dari kendaraan berupa penerapan kebijakan, memperbaiki infrastruktur, dan melakukan smart driving.

Kata Kunci : Gas Rumah Kaca, CO_2 , CH_4 , N_2O , aktivitas kendaraan, transportasi masal, emisi ketika kendaraan bergerak, emisi ketika waktu menunggu

Abstract

[Study of Greenhouse Gas Emissions (CO_2 , CH_4 dan N_2O) Effect of Vehicle Activity (Case Studies at Sukun Area and Terboyo Terminal)]. The increasing number of vehicles have an impact on the increase of the Green House gases (GHG) emissions (CO_2 , CH_4 , N_2O). Greenhouse gases are analyzed to determine the burden of emissions that generated from each type of vehicle and fuel consumption. This research is located at Sukun Area and Terboyo bus station, which have crowded public transportation activities. The purpose of this research are to identify the activity of vehicle, especially public transportation, calculate and analyze the load of GHG emissions when it was moving and idling, and give mitigation recommend to reduce the emissions. The activities of these vehicles

caused by GHG emissions that have been generated by the hot and cold start activity, movement of vehicles activity, idling time activity. The activities of vehicle which generated emissions occur when hot and cold start the movement of vehicle and idle time. An automobile emissions were calculated by Tier 2 method. The highest CO₂ running emissions at Sukun area were generated by large bus which amounted to 2,08 tons/year, at Terboyo bus station the highest CO₂ running emissions were generated by medium bus which amounted to 347,97 tons/year based on data calculations and 38,71 tons/year based on data from transportation agency. The highest CO₂e idle time emissions at Sukun area were generated by large bus which amounted to 43,53 tons/year at Terboyo bus station the highest CO₂ idle emissions were generated by large bus which amounted to 196,56 tons/year based on data calculations and 206,50 tons/year based on data from transportation agency. The mitigation as a result of greengouse gas emissions from vehicle are policy implementation, improve infrastructure and perform smart driving.

Keyword : *greenhouse gas (GHG), CO₂, CH₄, N₂O, the activity of vehicle, public transportation, when idling emission, running emissions*

1. Latar Belakang

Sektor transportasi telah dikenal sebagai salah satu sektor indikatif yang sangat berperan dalam pembangunan ekonomi yang sedang berlangsung. Penggunaan bahan bakar minyak secara intensif dalam sektor ini menjadi penyebab utama timbulnya dampak terhadap lingkungan udara, terutama di daerah-daerah perkotaan. Proses pembakaran bahan bakar minyak seperti diketahui akan mengeluarkan unsur dan senyawa-senyawa pencemar udara, seperti padatan total tersuspensi (debu), karbon monoksida, total hidro karbon, oksida-oksida nitrogen, oksida-oksida sulfur, partikel timbal dan oksidan fotokimia (Soedomo, 2001).

Untuk mengurangi kemacetan di kota-kota besar, pemerintah khususnya di Kota Semarang menambah armada sistem transportasi masal seperti angkutan umum, angkutan kota, angkutan antar kota, angkutan antar provinsi

dll. Menurut LKPJ walikota semarang pada tahun 2013 tercatat jumlah transportasi masal sebesar 4.447 buah dengan jumlah penumpang yang meningkat dari tahun 2012 sebesar 8.588.913 orang menjadi 9.753.739 orang pada tahun 2013. Penambahan armada angkutan masal juga terjadi di Area Sukun dan terminal Terboyo yang menimbulkan dampak terhadap lingkungan akibat emisi gas rumah kaca berupa CO₂, CH₄, dan N₂O yang dikeluarkan. selain mengganggu kesehatan, Emisi gas rumah kaca juga dapat menyebabkan pemanasan global.

Area sukun yang dimulai dari pintu keluar tol lingkaran timur Kota Semarang sampai Batik Jayakarta yang selalu padat dan menimbulkan kemacetan yang dikarenakan menjadi tempat pemberhentian dan pencarian penumpang oleh angkutan bus antar kota, angkutan kota dan taksi. Terminal Terboyo yang merupakan terminal induk terletak

disebelah timur kota Semarang yang padat dengan aktivitas kendaraan.

Tingginya volume kendaraan yang beroperasi di Area Sukun dan Terminal Terboyo yang sebanding dengan tingginya aktivitas kendaraan menyebabkan emisi gas rumah kaca berupa CO₂, CH₄ dan N₂O dalam bahan bakar solar dan premium meningkat, sedangkan upaya untuk mengestimasi udara baik studi maupun pemantauan rutin sangat minim serta alat untuk mengevaluasi dampak negatif akibat operasional bus dan angkutan lainnya juga terbatas. Oleh karena itu penulis memandang penting untuk mengkaji emisi udara didalam area yang padat akan aktivitas kendaraan.

Sehingga penulis memandang pentingnya melakukan studi mengenai Kajian Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄, dan N₂O) Akibat Aktivitas di Area Sukun dan Terminal Terboyo untuk mendapatkan jumlah emisi yang dihasilkan oleh aktivitas di area tersebut dan memberikan rekomendasi aksi mitigasi akibat dampak yang ditimbulkan oleh aktivitas tersebut bagi lingkungan sehingga mempermudah pemerintah dalam pengambilan keputusan pengelolaan kualitas udara.

2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mengidentifikasi aktivitas kendaraan di Area Sukun dan Terminal Terboyo.
- Menghitung dan menganalisis jumlah emisi gas rumah kaca (CO₂, CH₄ dan N₂O) yang dikeluarkan akibat aktivitas kendaraan di Area Sukun dan Terminal Terboyo.

- Memberikan rekomendasi aksi mitigasi akibat emisi gas rumah kaca yang dikeluarkan kendaraan di Area Sukun dan Terminal Terboyo.

3. Metodologi Penelitian

Pelaksanaan Tugas Akhir adalah 4 bulan yang dimulai pada bulan Maret-Agustus 2016. Penelitian ini dilaksanakan di Area Sukun (Depan ADA Swalayan- Batik Jayakarta) dan Terminal Terboyo. Pada penelitian ini membutuhkan dua data yang diperlukan meliputi data primer dan data sekunder. Data primer dilakukan dengan pengamatan langsung aktivitas kendaraan di lapangan, seperti kecepatan, lama berhenti, waktu tempuh, jarak tempuh dan kapasitas mesin. Sedangkan data sekunder diperoleh dari instansi terkait yaitu Dishub Kota Semarang dan UPT Terminal Terboyo, berupa data jumlah kendaraan, profil area Terminal Terboyo.

Analisis Data

Metode yang digunakan yaitu perhitungan emisi bergerak menggunakan Tier 2 dan perhitungan emisi kendaraan ketika waktu menunggu (*idle time*) dengan menggunakan persamaan Taylor (2003). Pada perhitungan Tier 2 dengan menggunakan pendekatan data aktivitas berupa konsumsi bahan bakar tiap jenis kendaraan. Konsumsi bahan bakar didapat dari kurva konsumsi bahan bakar (*fuel consumption*) yang merupakan kajian yang dilakukan oleh JICA pada proyek SITRAMP 2004 sedangkan kecepatan didapatkan melalui pengukuran jarak dan waktu dilapangan untuk tiap jenis kendaraan pada jalurnya masing-

masing yang telah ditentukan sebelumnya.

1. Menghitung beban emisi kendaraan bergerak

Pada Tier 2 faktor emisi berupa nilai spesifik berdasarkan jenis proses dan kondisi spesifik yang berlaku di negara tersebut (KLH, 2013). Perhitungan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (IPCC, 2006)

Emission = Data aktivitas x faktor emisi

$$\text{Emission} = \sum_{a,b,c} [\text{Fuel}_{a,b,c} \times \text{EF}_{a,b,c}] \quad \dots (3-1)$$

Dimana:

Emission = Beban emisi polutan tertentu

(gr)

Fuel_{a,b} = konsumsi bahan bakar jenis a (l)

FE_a = Faktor emisi (gr/l)

a = jenis bahan bakar (premium, solar)

b = tipe kendaraan

Konsumsi bahan bakar yang dipakai untuk perhitungan emisi pada metode tier 2 didapat dari tabel konsumsi bahan bakar (*fuel consumption*). Konsumsi bahan bakar adalah keterkaitan antara kecepatan dan penggunaan bahan bakar untuk setiap kilometer.

Nilai konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis kendaraan dan konstanta yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.1 Nilai Konsumsi Bahan Bakar berdasarkan jenis kendaraan dan konstanta

Jenis kendaraan	Fungsi konstanta
PC (private car)	$y = 7 \times 10^{-5}x^2 -$

	$0,0077x + 0,2579$
MC (motorcycle)	$y = 1 \times 10^{-5}x^2 - 0,0009x + 0,0601$
SB (small bus)	$y = 3 \times 10^{-5}x^2 - 0,0029x + 0,1285$
MB (medium bus)	$y = 5 \times 10^{-5}x^2 - 0,0056x + 0,2961$
Patas-AC, LB (large bus)	$y = 3 \times 10^{-5}x^2 - 0,0029x + 0,1533$
S/MT (small/medium truck)	$y = 5 \times 10^{-5}x^2 - 0,0053x + 0,2771$
LT (large truck)	$y = 5 \times 10^{-5}x^2 - 0,006x + 0,3147$

Sumber :Petunjuk Teknis PEP Pelaksanaan GRK, 2013

2. Menghitung Emisi kendaraan Ketika Waktu Menunggu (*idle time*)

Emisi kendaraan juga dipengaruhi oleh

beberapa faktor diantaranya ketika kendaraan sedang berhenti dalam kurun waktu tertentu dan tetap menyalakan mesin yang disebut dengan istilah ngetem. *Idle time* adalah karakteristik yang menunjukkan hubungan diantara waktu konsumsi bahan bakar dan parameter lainnya dalam mesin dan kecepatan ketika mesin dalam keadaan siaga (Klovakh, 1977). Perhitungan *idle time* dapat dilihat pada persamaan berikut (Taylor, 2003) :

$$\text{Idle fuel use} = (\text{idle fuel flow}) \times (\text{idle time per day}) \times (\text{days in year}) \quad \dots (3-3)$$

dimana :

Idle fuel use = pemakaian bahan bakar
 ketika waktu menunggu (l/tahun)
 Idle fuel flow = aliran bahan bakar (l/jam)
 Idle time per day = waktu menunggu per hari (jam)
 Total vehicle in year = jumlah kendaraan setahun

Idle emissions = (idle fuel use) × (GHG emission factor)

... (3-4)

dimana :

Idle emissions = emisi ketika ngetem (g/tahun)

Idle fuel use = penggunaan bahan bakar (l/tahun)

GHG emission factor = faktor emisi GRK (g/l)

Faktor Emisi

Faktor emisi didefinisikan sebagai laju rata-rata emisi polutan yang dikeluarkan terhadap tingkat aktivitas dari kegiatan tersebut (Cooper dan Alley, 1994). Berikut adalah faktor emisi yang digunakan pada perhitungan dalam penelitian ini yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut

Tabel 3.2 Faktor Emisi Berdasarkan Jenis Kendaraan dan Jenis Bahan Bakar

Jenis Kendaraan		Faktor emisi (g/l)					
		Premium			Solar		
		CO2	CH4	N2O	CO2	CH4	N2O
		*(a)	*(a)	*(b)	*(a)	*(a)	*(b)
Angkutan Ringan	Mikrolet	2780.5	0.3243	0.041			
	Mikro Bus				4586.2	0.1157	0.022
Angkutan Berat	Bus				1593.7	0.0804	0.051

Sumber: *(a) IPCC, 1996 *(b) Environment Canada, 2014

4. Hasil dan pembahasan

4.1 identifikasi Aktivitas Kendaraan di Area Sukun dan terminal Terboyo

1. Area Sukun

Hot start dan *cold start* merupakan aktivitas yang pasti dilakukan oleh kendaraan baik pribadi maupun umum. Total emisi yang dihitung dari jumlah emisi yang berasal dari tahapan yang berbeda, pada suhu mesin yang stabil yaitu pada mesin kendaraan yang sudah pernah dihidupkan sebelumnya hal ini disebut *hot start* sedangkan pada proses menghidupkan mesin kendaraan pertama kali nya disebut dengan *cold start* (IPCC, 2006).

Pada Area Sukun *Cold start* hanya berlaku pada travel saat pertama kali menyalakan mesin yaitu selama 5-10 menit. Sedangkan *hot start* sangat jarang dilakukan karena tempat ini hanya dijadikan sebagai tempat persinggahan bus untuk menaikkan/menurunkan dan mencari penumpang sehingga supir jarang mematikan mesin dalam kurun waktu lama dan menghidupkannya kembali, biasanya supir tetap menyalakan mesin sambil menunggu penumpang.

Kendaraan di Area Sukun bergerak dengan kecepatan rendah yaitu hanya berkisar 10 - 45 km/jam dikarenakan tempat yang terbatas dan karena padatnya Area Sukun dengan kendaraan umum lainnya.

Idle time kendaraan di Area Sukun tergolong tidak begitu lama yaitu pada bus besar mempunyai durasi yang paling lama dalam melakukan *idle time* dengan rata-rata 10 menit kemudian travel dengan waktu 10 menit, bus sedang dengan waktu 4 menit, bus kecil 3 menit, angkutan umum (angkot) tergolong

jarang melakukan *idle time* biasanya angkot ini hanya menaikkan/menurunkan penumpang saja namun terdapat beberapa angkot yang melakukan *Idle time* selama 40-50 detik.

2. Terminal Terboyo

Cold start di Terminal Terboyo dilakukan oleh supir yang bermalam diterminal dengan waktu 4-7 menit. Kondisi *cold start* terjadi ketika mesin pertama kali dinyalakan atau ketika kondisi mesin kendaraan dingin dengan kurun waktu 6-12 jam (U.S EPA, 1993). Sedangkan *hot start* lebih sering dilakukan pada bus-bus yang ada di Terminal Terboyo oleh supir yang hanya mematikan mesin kendaraan sejenak ketika waktu istirahat, *hot start* dilakukan selama 2-4 menit.

Pada saat kendaraan bergerak kecepatan kendaraan sangat berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar. Greenwood (2001) meneliti mobil penumpang 1,6 dan 2 liter, dan menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan mesin. kecepatan bus di Terminal Terboyo berkisar antara 20-50 km/jam dan tidak konstan disebabkan oleh perilaku berkendara seperti berhenti untuk menurunkan/menaikan penumpang di sembarang tempat serta jalanan di terminal yang kurang baik dan berlubang sehingga menyebabkan supir sering mengerem yang membuat kecepatan tidak konstan.

Idle time rata-rata di Terminal Terboyo berkisar 5- 20 menit, yaitu bus besar selama 20 menit bus sedang 15 menit dan bus kecil tergolong tidak begitu lama hanya 5 menit dikarenakan jalanan yang

berlubang dan terdapat genangan air yang cukup tinggi sehingga penumpang tidak menunggu di tempat semestinya. Pada bus besar *idle time* yang dilakukan cukup lama yaitu 20 menit dikarenakan perilaku supir yaitu dengan tetap menyalakan mesin untuk mengidupkan *Air Conditioner* (AC) ketika menunggu penumpang.

4.2 Data Jumlah kendaraan

Tabel 4. 1 Data jumlah Kendaraan di Area Sukun

	Waktu	Bus Besar	Bus Sedang	Bus Kecil	MPU	Travel
Data	Perhitungan	3557	1273	1213	846	811
Perhitungan	satu bulan					
Langsung	Perhitungan	42684	15276	14556	10152	9732
	Setahun					

Sumber : Perhitungan langsung di Area Sukun, 2016

Tabel 4.2 Data jumlah Kendaraan di Terminal Terboyo

	Waktu	Bus Besar	Bus Sedang	Bus Kecil
Data	Perhitungan	8463	4875	2822
Dishub	Rata-rata perbulan tahun 2015			
	Perhitungan	101242	58507	33864
	Tahun 2015			
Data	Perhitungan satu bulan	8031	4433	2580
Perhitungan	Langsung			
	Perhitungan	96372	53196	30960
	Setahun			

Sumber : Perhitungan langsung di terminal dan Dishubkominfo, 2016

4.3 Beban Emisi Gas Rumah Kaca Ketika Kendaraan Bergerak

Perhitungan emisi GRK dengan parameter (CO₂, CH₄, N₂O) yang dipakai menggunakan metode Tier 2, dimana pada metode ini menggunakan pendekatan data aktivitas berupa konsumsi bahan bakar tiap jenis kendaraan.

4.3.1 Konsumsi Bahan Bakar

Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar rata rata setiap jenis

kendaraan di Area Sukun dan Terminal Terboyo dapat dilihat dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 4.3 Konsumsi Bahan Bakar Area Sukun dan Terminal Terboyo

Jenis Kendaraan	Konsumsi bahan Bakar Rata-Rata (liter)	
	Area Sukun	Terminal Terboyo
Bus Besar	0,030	0,656
Bus Sedang	0,010	1,423
Bus Kecil	0,004	0,414
MPU	0,006	
Travel	0,016	

Sumber : Analisis Penulis, 2016

Pada tabel 4.3 terlihat bahwa konsumsi bahan bakar rata rata tertinggi di Area Sukun dihasilkan oleh bus besar yaitu yaitu sebesar 0,030 liter, sedangkan yang terendah dihasilkan oleh bus kecil yaitu sebesar 0,004 liter dikarenakan pendeknya jarak tempuh pada jalur pemberhentian bus kecil, nilai konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis kendaraan yang juga mempengaruhi konsumsi bahan bakar yang dihasilkan.

Pada Terminal Terboyo konsumsi bahan bakar terbesar dihasilkan oleh bus sedang dikarenakan besarnya jarak tempuh yaitu 2,13 km dengan kecepatan yang relatif rendah yaitu 20-50 km/jam serta perilaku berkendara supir yang suka berhenti di sembarang tempat untuk menaikkan/menurunkan penumpang juga mempengaruhi waktu tempuh yang secara tidak langsung juga mempengaruhi kecepatan dan konsumsi bahan bakar yang dihasilkan. Sedangkan konsumsi bahan bakar rata-rata terkecil

dihasilkan oleh bus kecil yaitu sebesar 0,43liter.

4.3.2 Hasil Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Ketika kendaraan bergerak

Nilai emisi gas rumah kaca (GRK) diperoleh dengan menggunakan persamaan 3-1 dan 3-2 dan menggunakan konsumsi bahan bakar rata-rata tiap kendaraan pada tabel 4.3 Untuk mengetahui total GRK dapat diperoleh dengan menjumlahkan parameter CO₂, CH₄ dan N₂O sehingga diperoleh CO₂ equivalent (CO₂e). Dalam mengkonversi emisi CH₄ dan N₂O menjadi relatif CO₂ harus dikalikan terlebih dahulu dengan *Global Warming Potentials* (GWP). GWP adalah nilai yang relatif sama dengan CO₂. GWP relatif terhadap CO₂ untuk emisi gas CH₄ adalah 25 ton CO₂, dimana 1 ton CH₄ setara dengan 25 ton CO₂. Sedangkan GWP relatif terhadap CO₂ untuk emisi gas N₂O adalah 298 ton CO₂.

1. Emisi Gas Rumah Kaca di Area Sukun

Tabel 4.4 Emisi Gas Rumah Kaca di Area Sukun

Jenis Kendaraan	CO ₂ e (ton/tahun)
Bus besar	2,08
Bus sedang	0,77
Bus kecil	0,29
MPU	0,18
Travel	0,73

Sumber : Analisis Penulis, 2016

Emisi Gas Rumah Kaca terbesar dihasilkan oleh bus besar yaitu 2.08 ton/tahun hal ini disebabkan karena jumlah bus besar yang paling banyak diantara kendaraan umum lainnya yaitu berkisar 115-130 bus per harinya. Sedangkan emisi paling rendah dihasilkan oleh MPU yaitu mobil

angkutan umum atau yang lebih dikenal dengan mikrolet, jumlahnya yang paling sedikit dan jalur mikrolet yang tergolong kecil menyebabkan emisi yang dihasilkan paling rendah.

2. Emisi Gas Rumah Kaca di Terminal Terboyo

Tabel 4.5 Emisi Gas Rumah Kaca di Area Sukun

Jenis Kendaraan	CO ₂ e (ton/tahun)	
	Data Perhitungan	Data Dishub
Bus besar	101,98	107,13
Bus sedang	347,97	382,72
Bus kecil	58,94	64,47

Sumber : Analisis Penulis, 2016

Pada Terminal Terboyo diperoleh dua data yaitu data perhitungan langsung dan data Dishub, sehingga dengan menggunakan rumus yang sama diperoleh dua hasil perhitungan. Pada data dishub diperoleh hasil emisi GRK yang lebih banyak dari pada perhitungan langsung hal ini dikarenakan jumlah kendaraan pada data dishub lebih banyak. Emisi GRK terbesar dihasilkan oleh bus sedang yaitu pada data dishub 382,72 ton/tahun sedangkan pada perhitungan langsung yaitu 347,97 ton/tahun. besarnya emisi GRK pada bus sedang dikarenakan jarak tempuh dan faktor emisi yang paling besar, kecepatan, faktor konsumsi bahan bakar, perilaku berkendara supir. Sedangkan emisi GRK terendah dihasilkan oleh bus kecil yaitu pada data dishub 58,94 ton/tahun dan perhitungan langsung 64,47 ton/tahun hal ini dikarenakan jumlah bus kecil yang paling sedikit.

4.4 Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Ketika Keadaan Waktu Menunggu (*Idle Time*)

4.4.1 Kapasitas Mesin

Sebelum menghitung emisi GRK dalam keadaan *idle time* perlu diperoleh data *Engine Displacement* atau yang dikenal dengan istilah kapasitas mesin. Kapasitas mesin mempengaruhi konsumsi bahan bakar. Semakin besar kapasitas mesin maka semakin besar pula konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan. Konsumsi bahan bakar yang besar mengakibatkan emisi yang dikeluarkan semakin besar (Zahra, 2009). Pada tabel 4.6 Adalah kapasitas mesin pada kendaraan yang ada di Area Sukun dan Terminal terboyo

Tabel 4.6 Kapasitas Mesin di Area Sukun dan Terminal Terboyo

Jenis kendaraan	Engine Displacement (cc)	Engine Displacement (liter)
Bus besar	9000	9
Bus sedang	4300	4,3
Bus kecil	3500	3,5
Mikrolet	1400	1,4
Travel	4100	4,1

Sumber : Analisis Penulis, 2016

4.3.2 Hasil perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca

1. Emisi Gas Rumah Kaca di area Sukun

Waktu menunggu (*idle time*) digunakan dalam perhitungan. Pada tabel 4.7 Rata-Rata *Idle Time* di Area Sukun.

Tabel 4.7 Rata-Rata Idle Time di Area Sukun

Jenis Kendaraan	Idle time (menit)	Idle time (jam)
Bus besar	10	0,16
Bus sedang	4	0,06
Bus kecil	2	0,03
Mikrolet	0,83	0,01
Travel	10	0,16

Sumber : Analisis Penulis, 2016

Tabel 4.8 Emisi Gas Rumah Kaca ketika Waktu Menunggu (Idle time) di Area Sukun

Jenis Kendaraan	CO ₂ e Idle Emissions (ton/tahun)
Bus Besar	43,53
Bus Sedang	9,76
Bus Kecil	4,00
MPU	0,40
Travel	15,00

Sumber : Analisis Penulis, 2016

Emisi gas rumah kaca pada keadaan *idle time* terbesar di Area Sukun dihasilkan oleh bus besar yaitu 34,82 ton/tahun. Sedangkan emisi terendah dihasilkan oleh MPU yaitu 0,40 ton/tahun. Besar dan kecilnya emisi GRK ketika keadaan *idle time* disebabkan oleh jumlah bus, waktu menunggu (*idle time*), kapasitas mesin. dilihat dari jumlah dan kapasitas mesinnya bus besar menduduki peringkat paling besar sehingga emisi yang dihasilkan juga besar. Semakin besar kapasitas mesin maka semakin besar pula konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan. Konsumsi bahan bakar yang besar mengakibatkan emisi yang dikeluarkan semakin besar (Zahra, 2009).

2. Emisi Gas Rumah Kaca di Terminal Terboyo

Tabel 4.9 Rata-Rata Idle Time di Terminal Terboyo

Jenis Kendaraan	Idle time (menit)	Idle time (jam)
Bus besar	20	0,33
Bus sedang	15	0,25
Bus kecil	5	0,08

Sumber : Analisis Penulis, 2016

Gambar 4.10 Emisi Gas Rumah Kaca Ketika Idle Time di Terminal Terboyo

Jenis Kendaraan	CO ₂ e (ton/tahun)	
	Data Perhitungan	Data Dishub
Bus besar	196,56	206,50
Bus sedang	127,47	140,20
Bus kecil	21,27	23,27

Sumber : Analisis Penulis, 2016

Emisi gas rumah kaca terbesar dihasilkan dari bus besar yaitu menurut data perhitungan sebanyak 196,56 ton/tahun sedangkan menurut data dishub yaitu 206,49 ton/tahun sedangkan penghasil emisi terkecil dihasilkan oleh bus kecil yaitu 21,27 ton/tahun data perhitungan dan 23,27 ton/tahun pada data dishub. Tingginya emisi pada bus besar disebabkan jumlah bus besar yang terdiri dari Bus AKAP, bus AKAP/AKDP, bus BRT dimana jumlahnya paling banyak diantara bus-bus lain, melakukan waktu menunggu (*idle time*) yang paling lama yaitu 20 menit, faktor emisi, kapasitas mesin dan perilaku supir dalam menunggu penumpang menyalakan mesin sambil menghidupkan *air conditioner* (AC).

4.5 Aksi Mitigasi Untuk Menurunkan Emisi Gas Rumah Kaca dari Kendaraan

Emisi GRK yang semakin meningkat berbanding lurus dengan tempat yang padat dengan aktivitas kendaraan, sehingga diperlukan aksi mitigasi guna menurunkan atau mengurangi emisi yang dihasilkan.

1. Menetapkan kebijakan dan penyuluhan kepada supir untuk membatasi waktu menunggu (*idling time*) dan mematikan mesin saat kendaraan berhenti dalam waktu lama untuk mengurangi emisi yang dihasilkan. Ketika mesin kendaraan dipakai berjalan akan bekerja 30% lebih efisien tetapi dalam keadaan *idling*

hanya 11% (Brightman et al, 2010). Kinerja mesin yang tidak efisien ini dapat menimbulkan konsumsi bahan bakar dan emisi yang berlebih.

2. Menetapkan kebijakan untuk melakukan pemeriksaan, pemeliharaan dan peremajaan kendaraan secara rutin, berupa penggantian oli, pengecekan kondisi mesin dan komponen kendaraan lainnya. Pihak UPT Terminal dan para supir harus saling bekerja sama untuk mensukseskan kebijakan tersebut.

3. Memperbaiki kondisi infrastruktur jalan yang berlubang yang dapat berpengaruh pada kecepatan kendaran dan agar para penumpang menggunakan tempat menunggu yang sesuai sehingga supir bus tidak berhenti disembarang tempat yang menimbulkan kepadatan jalan dan menghasilkan emisi yang lebih besar. Pola pencemaran transportasi yang tidak memadai, baik dalam hal sarana dan prasarana sangat menentukan intensitas pencemaran udara yang terjadi. hambatan-hambatan, pola jalan berhenti yang sering, kecepatan secara langsung mempengaruhi besarnya emisi unsur-unsur pencemar yang dikeluarkan oleh kendraan. Pembakaran bahan bakar bensin maupun solar akan lebih efisien jika mobil atau motor dilarikan dengan kecepatan konstan dan mengurangi frekuensi pengereman dan menstarter (Purwanto, 2015). Perilaku mengemudi yang agresif, seperti melakukan pengereman mendadak atau akselerasi yang cepat mempengaruhi emisi gas buang. Pada keadaan lalu lintas yang padat, kendaraan berhenti lebih sering dibandingkan pada kondisi lalu lintas

yang lancar sehingga meningkatkan emisi gas buang (KLH, 2013).

5. Pentup

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Aktivitas kendaraan yang menghasilkan emisi a. Area Sukun
- Aktivitas *hot start* tidak dilakukan karena Area Sukun hanya dijadikan tempat persinggahan sedangkan *cold start* dilakukan oleh travel selama 5-10 menit.

- Aktivitas pada saat kendaraan bergerak dilakukan dengan kecepatan 10-45 km/jam.

- Waktu menunggu (*idle time*) dilakukan selama 40 detik-10 menit.

b. Terminal Terboyo

- Aktivitas *hot start* dilakukan rata-rata pada bus selama 2-4 menit sedangkan *cold start* dilakukan selama 4-7 menit.

- Aktivitas pada saat kendaraan bergerak dilakukan dengan kecepatan 20-50 km/jam.

- Waktu menunggu (*idle time*) dilakukan selama 5-20 menit.

2. Beban emisi gas rumah kaca akibat aktivitas kendaraan di Area Sukun dan Terminal Terboyo dibagi mejadi dua yaitu pada saat kendaraan bergerak dan pada keadaan waktu menunggu (*idle time*)

a. Pada Keadaan bergerak

- Beban emisi terbesar di Area Sukun dihasilkan oleh bus besar dengan jumlah CO₂ sebesar 2,089 ton/tahun.

- Beban emisi CO₂ terbesar di Terminal Terboyo dihasilkan oleh bus sedang yaitu 347,97 ton/tahun (data perhitungan) dan 382,72 ton/tahun (data Dishub).

b. Pada keadaan waktu menunggu (*idle time*)

- Beban emisi terbesar di Area Sukun dihasilkan oleh bus besar dengan jumlah CO₂e sebesar 43,53 ton/tahun.
 - Beban emisi CO₂e terbesar di Terminal Terboyo dihasilkan oleh bus besar yaitu 196,56 ton/tahun (data perhitungan) dan 206,50 ton/tahun (data Dishub).
3. Aksi mitigasi akibat emisi gas rumah kaca yang dikeluarkan kendaraan dapat dilakukan dengan cara :
- Menetapkan kebijakan dan penyuluhan kepada supir untuk membatasi waktu menunggu (*idling time*)
 - Menetapkan kebijakan untuk melakukan pemeriksaan, pemeliharaan, dan peremajaan kendaraan secara rutin.
 - Memperbaiki kondisi infrastruktur jalan yang berlubang.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan terkait dengan penelitian ini antara lain :

1. Dengan adanya keterbatasan data faktor emisi yang ada maka penelitian ini perlu dikembangkan untuk perhitungan beban emisi dengan memperhatikan jenis mesin dan teknologi kendaraan khususnya untuk kendaraan umum seperti bus, mikrolet, taksi, agar didapatkan hasil yang lebih baik.
2. Pada Terminal Terboyo perlu penelitian lanjutan dengan memperhitungkan kondisi ketika banjir rob sehingga dapat membandingkan emisi yang dihasilkan ketika kondisi cuaca normal dan saat banjir rob.
3. Perlu penelitian lanjutan dengan memperhitungkan kendaraan pribadi seperti mobil dan motor pada tempat yang padat dengan aktivitas kendaraannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, Miranti dan Setyanto, Prihasto. 2007. *Pengaruh Pemberian Jerami dan Pupuk Kandang terhadap Emisi N₂O dan Hasil Padi pada Sistem Integrasi Tanaman Ternak*. Jurnal. Balai Penelitian Lingkungan Pertanian.
- Arifin, Zainal. 2014. Potensi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Melalui Konversi Bahan Bakar gas Pada Kendaraan Angkutan Umum. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Boedoyo, Mohamad Sidik. 2008. Penerapan Teknologi Untuk Mengurangi Eisi Gas Rumah Kaca. Jakarta : Badan Pengkajian dan penerapan Teknologi.
- Bennet, R., Greenwood. 2001. Modelling Road User And Environmental Effects In HDM-4. Birmingham: ISOHDM. hlm 108-111.
- Cooper, D.C. dan Alley F.C. 1994. *Air Pollution Control*. Waveland Press, Inc. II.
- CORINAIR. 2009. *Atmospheric Emission Inventory Guidebook 3th Edition*. European Environment Agency.
- Dinas Perhubungan Komunikasi dan Informasi Kota Semarang Tahun 2016
- ESDM, 2012. *Kajian Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Transportasi*. Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Forisa, Hanesty. 2010. *Studi Kompensasi Angkutan Kota di Kota Bandung Berbasis Konsep*

- Jejak Ekologis. Bandung :*
Institut Teknologi Bandung.
- Haworth, narele and Mark Symmons,
2001. The Relationship
between fuel economy and
safety outcomes. Monash
University, Canberra.
- IPCC. 2006. *Guidelines for National
Greenhouse Gas Inventories.*
Volume 2 :Energy.
- JICA, 2004. *Study of Integrated
Transportation Master Plan
For
Jabodetabek (SITRAMP
Phase II).*
- Juli Mrihardjono, Nazarudin Sinaga.
2011. *Penguian Model
Driving Cycle Kendaraan
Honda City Berbahan Bakar
Premium. Semarang
:Universitas Diponegoro
Semarang.*
- Kemntrian Lingkungan Hidup,
2012.*
Pedoman Penyelenggaraan
Inventarisasi Gas Rumah Kaca
Nasional Buku II Volume 1 :
Metodologi Perhitungan
Tingkat Emisi Gas Rumah
Kaca Pengadaan dan
Pengurangan Energi. *Jakarta.*
- Kemntrian Lingkungan Hidup.
2013.*
*Pedoman Teknis Penyusunan
Inventarisasi Emisi Pencemar
Udara di Perkotaan. Jakarta.*
- Kemntrian Lingkungan Hidup dan
Kehutanan. 2013. Pedoman
Teknis Penyusunan
Inventarisasi Emisi Pencemar
Udara di Perkotaan. Jakarta.*
- Kemntrian Energi dan Sumber
Daya
Mineral. 2012. Kajian Emisi
Gas RumahKaca Sektor
Transportasi. Jakarta.*
- Khovakh, M. 1979. *Motor Vehicle
Engines.* Moscow: MIR
Publishers.
- Keputusan Menteri Perhubungan
Nomor 31 Tahun 1995 Tentang
Terminal Transportasi Jalan.
- Nur, Yusratika, Puji Lestari dan Iga
Uttari. 2010. *Inventori Emisi
Gas Rumah Kaca (CO2 dan
CH4) dari Sektor
Transportasi di DKI Jakarta
Berdasarkan Konsumsi
Bahan Bakar. Bandung:
Institut Teknologi Bandung.*
- Purwanto, Christine P. 2015.
Inventarisasi Emisi Sumber
Bergerak Di Jalan (On Road)
Kota Denpasar. Denpasar :
Universitas Udayana Bali.
- Sastrawijaya, A.T. 2009.
Pencemaran
Lingkungan. Jakarta : PT
Rineka Cipta
- Sihombing, Adolf Leopold SM.
2008.
*Inventori Emisi Gas Rumah
Kaca (CO2 dan CH4) dari
Sektor Transportasi dengan
Pendekatan Jarak Tempuh
Kendaraan dan Konsumsi
Bahan Bakar dalam Upaya
Pengelolaan Kualitas Udara di
Kota dan Kabupaten Bandung.*
Bandung: Institut Teknologi
Bandung.
- Sijabat, Jeriko Pilip. 2009. *Analisis
Kinerja Terminal Leuwi
Panjang Kota
Bandung.* Fakultas Teknik.
Yogyakarta: Universitas Atma
Jaya Yogyakarta
- Sudjana. 2005. *Metode Statistika,*
Tarsito, Bandung : Tarsito.
- Sugiyono. 2014. *Statistika
Untuk Penelitian. Bandung :*
Anggota Ikatan Penerbit
Indonesia (IKAPI).
- Sutrisno, Ana Megawati. 2015.
Kajian Prediksi Beban Emisi

- Pencemar Udara (TSP, NO_x, SO₂, HC, dan CO) dan Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄ dan N₂O) Sektor Transportasi Darat di Kota Surakarta Dengan Metode Top Down dan Bottom Up.* Semarang : Universitas Diponegoro.
Soedomo, Moestikahadi. 2001.
Pencemaran Udara. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Taylor, Gardon W.R. 2003. *Review Of The Incidence Energy Use and Costs Of Passenger Vehicle Idling.* Canada : GW Taylor Consulting.
- Tiarani, Velida Lustria. 2015. *Kajian Prediksi Beban Emisi Pencemar Udara (TSP, NO_x, SO₂, HC, dan CO) dan Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄ dan N₂O) Sektor Transportasi Darat Kota Yogyakarta Dengan Metode Tier 1 dan Tier 2.* Semarang : Universitas Diponegoro.
- Undang-Undang No 14 Tahun 1992 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Republik Indonesia. 2011. *Peraturan Presiden No 71 Tahun 2011 Tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional.* Sekretariat Negara : Jakarta.
- Undang-Undang No 14 tahun 1992. Lalu Lintas dan Angkutan Jalan.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 1993. *Extreme Low-Temperature Cold Starts.* Washington DC, U.S.A
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 1997. *Compilation Of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1, Fifth Edition AP-42.* Washington DC, U.S.A
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 2015. *Inventory of U.S. Green House Gas Emissions and Sinks 1990-2013.* Washington DC, U.S.A
- Vlaming, J.B. 2008. *Quantifying Variation in Estimated Methane Emission from Ruminants Using the SF₆ Tracer Technique.* A Thesis of Doctor of Phylosophy in Animal Science, Massey University, Palmerston North, New Zealand.
- Yolanda, Y. 2012. *Hubungan Kapasitas Mesindan Tahun Pembuatan Serta Perawatan Kendaraan Bermotor dengan Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor di Kota Medan Tahun 2012.* PS Kesehatan Masyarakat USU. Medan
- Zahra, E dan Driejana. 2009. *Perbandingan Estimasi Beban Emisi CO dan CO₂ Dengan Pendekatan Konsumsi Bahan Bakar dan Kecepatan Kendaraan (Studi Kasus : Bunderan Cibiru Lembang).* Bandung: Institusi Teknologi Bandung.