

Kajian Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄, dan N₂O) Akibat Aktivitas Kendaraan (Studi Kasus Terminal Mangkang dan Terminal Penggaron)

Lisa Sekar Wangi^{*)}, Haryono S Huboyo^{**)}, Irawan Wisnu Wardhana^{**)}

Program Studi S1 Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

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

email: namakulisasekar@gmail.com

Abstrak

Peningkatan aktivitas transportasi massal di Terminal Mangkang dan Terminal Penggaron menimbulkan dampak negatif khususnya bagi lingkungan udara di Terminal. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi aktivitas kendaraan di terminal; menghitung dan mengkaji beban emisi yang dihasilkan di terminal, serta memberikan rekomendasi aksi mitigasi akibat emisi yang dihasilkan di terminal. Aktivitas kendaraan ini menimbulkan emisi GRK yang dihasilkan melalui aktivitas pergerakan kendaraan, aktivitas ketika waktu menunggu, serta aktivitas hot start dan cold start. Emisi yang dihitung dan dikaji terdiri dari emisi ketika kendaraan bergerak dan ketika waktu tunggu. Emisi kendaraan bergerak dihitung dengan metode Tier 2. Emisi CO₂e kendaraan bergerak terbesar di Terminal Mangkang dihasilkan oleh bus sedang yaitu mencapai 53,18 ton/tahun berdasar data perhitungan dan 60,76 ton/tahun berdasar data Dishub. Emisi CO₂e bergerak di Terminal Penggaron paling besar dihasilkan oleh mikrolet, yaitu mencapai 10,10 ton/tahun berdasar data perhitungan dan 5,96 ton/tahun berdasar data Dishub. Emisi CO₂e waktu tunggu di Terminal Penggaron paling besar dihasilkan oleh BRT, yaitu mencapai 26,47 ton/tahun berdasar data dishub dan perhitungan. Emisi CO₂e waktu tunggu di Terminal Mangkang paling besar dihasilkan oleh Bus Besar, yaitu mencapai 84,26 ton/tahun berdasar perhitungan dan 96,78 ton/tahun berdasarkan data dishub. Rekomendasi aksi mitigasi akibat emisi GRK yang dikeluarkan kendaraan dapat dilakukan melalui 2 cara yaitu menerapkan dan memperkuat kebijakan serta penyertaan kebijakan yang dilakukan masyarakat khususnya sopir transportasi massal.

Kata kunci: Emisi GRK, metode Tier 2, emisi waktu menunggu, emisi kendaraan bergerak

Abstract

[Study of Greenhouse Gas Emissions (CO₂, CH₄, and N₂O) Due Activity of Vehicle (Case Study Mangkang Bus Station and Penggaron Bus Station)]. The increasing activity of public transportation in Mangkang bus station and Penggaron bus station are causing the negative impact especially for the air in bus station. This study aims to identify the activity of vehicle especially public transportation in bus station; calculate and study the load of emissions produced at the bus station, as well as provide recommendations mitigation actions as a result of emissions produced in the bus station. Activities vehicle in Terminal Mangkang and Penggaron crowded enough. Activities of these vehicles causing any GHG emissions generated by the activity of the movement of vehicles, when idle time activity, activity hot start and cold start. Emissions were calculated and studied consisted of the emissions when the vehicle is running and the idle time. The running emission calculated by Tier 2 method. The highest CO₂e running emissions in Mangkang bus station produced by medium bus which reached 53.18 tons / year based on data calculations and 60.76 tons / year based on data from the Transportation Agency. The highest CO₂e running emissions in Penggaron bus station produced by mikrolet which reached 10.10 tons / year based on data calculations and 5.96 tonnes / year based on data from the Transportation Agency. The highest CO₂e idle time emissions in Penggaron bus station produced by BRT which reached 26.47 tons / year based on data calculation and data from Transportation Agency. The

highest CO₂e idle time emissions in Mangkang bus station produced by large bus which reached 84.26 tons / year based on the calculation and 96.78 tons / year based on data from the Transportation Agency. Recommended mitigation actions as a result of GHG emissions vehicle can be done via two ways to implement and strengthen policies and policies inclusion by the community, especially public transportation driver

Keyword : *greenhouse gas (GHG) emission, Tier 2 method, idle time emission, running emission*

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Perkembangan sarana dan prasarana transportasi yang memadai menjadi mutlak bagi perkembangan dan pembangunan kota. Tanpa adanya transportasi sebagai sarana pendukung sulit mengharapkan tercapainya hasil pembangunan yang memuaskan dalam usaha pengembangan ekonomi dari suatu kota. Sayangnya sistem transportasi yang berjalan selama ini adalah tingginya penggunaan kendaraan pribadi yang justru merupakan faktor penting timbulnya kemacetan dan pencemaran udara perkotaan (Munawar, 2005).

Guna mengatasi masalah tersebut, salah satu solusi adalah meningkatkan fungsi transportasi massal, seperti angkutan kota, angkutan pedesaan, angkutan antar kota dan antar propinsi. Menurut Dishubkominfo Kota Semarang (2013), telah terjadi kenaikan armada angkutan sebesar 1345 buah dengan diikuti kenaikan jumlah penumpang yang semula pada tahun 2012 sebesar 8.588.913 orang menjadi 9.753.739 orang pada tahun 2013. Penambahan armada transportasi massal tersebut tentu akan berdampak pada sistem pendukungnya yaitu Terminal Mangkang dan Terminal Penggaron.

Peningkatan volume kendaraan di terminal pada sisi lain berpotensi meningkatkan dampak negatif terhadap lingkungan terminal, khususnya terkait dengan emisi yang dikeluarkan (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2012), dan salah satu yang penting adalah gas rumah kaca. Gas rumah kaca yang paling banyak menimbulkan pencemaran di terminal adalah CO₂, CH₄, dan N₂O. Pada konsentrasi tertentu gas rumah kaca (CO₂, CH₄, dan N₂O) dapat menyebabkan gangguan kesehatan. Selain itu gas rumah kaca (CO₂, CH₄, dan N₂O) juga dapat menyebabkan pemanasan global.

Tingginya volume kendaraan yang beraktivitas di Terminal Mangkang dan

Penggaron dalam suatu waktu dan tingginya kandungan gas rumah kaca (GRK) dalam bahan bakar solar dan premium yang dikonsumsi, menjadi penting untuk dilakukan studi seberapa besar emisi GRK yang dihasilkan dan bagaimana dampaknya terhadap kondisi lingkungan udara di terminal Mangkang dan Penggaron. Hasil emisi gas rumah kaca yang diperoleh, dapat digunakan untuk menyusun inventarisasi emisi gas rumah kaca di area terminal yang dikaji serta mempermudah pemerintah dalam pengambilan kebijakan pengelolaan kualitas udara dan memberikan rekomendasi aksi mitigasi.

Berdasarkan latar belakang di atas maka penulis memandang penting untuk melakukan studi mengenai Kajian Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄, dan N₂O) Akibat Aktivitas Kendaraan (Studi Kasus Terminal Mangkang dan Terminal Penggaron).

2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mengidentifikasi aktivitas kendaraan di Terminal Mangkang dan Terminal Penggaron.
- Menghitung dan mengkaji jumlah emisi gas rumah kaca akibat aktivitas kendaraan di Terminal Mangkang dan Terminal Penggaron.
- Memberikan rekomendasi aksi mitigasi akibat emisi gas rumah kaca yang dikeluarkan kendaraan di Terminal Mangkang dan Terminal Penggaron

3. Metodologi Penelitian Analisa Data

Perhitungan emisi GRK akibat aktivitas kendaraan bermotor terdiri dari 2 perhitungan emisi, yaitu perhitungan emisi waktu menunggu (*idle time*) dan perhitungan emisi ketika kendaraan bergerak (*running emission*). Emisi kendaraan bergerak dihitung dengan metode Tier 2 Pada metoda Tier-2 data aktivitas yang digunakan dalam perhitungan lebih detil dibanding metoda

Tier-1. Perhitungan emisi ketika idle time didasarkan dengan persamaan menurut penelitian Taylor (2003). Perhitungan emisi idle time ini dibagi menjadi 2 yaitu perhitungan aliran bahan bakar dan perhitungan emisi idle time (Taylor, 2003)

Menghitung Emisi Kendaraan Bergerak Pada Terminal :

Untuk menghitung beban emisi dengan metode Tier-2 pada dasarnya sama dengan Tier-1 namun dengan faktor emisi masing-masing jenis bahan bakar yang spesifik bagi Indonesia

$$\text{Emission} = \text{Data aktivitas} \times \text{faktor emisi} \dots \dots \dots (3-1)$$

$$\text{Emission} = a, b, c [\text{Fuel } a, b, c \times \text{EF } a, b, c] \dots \dots \dots (3.2)$$

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

Menghitung Emisi Kendaraan ketika Waktu Menunggu Pada Terminal :

Dalam menghitung jumlah emisi kendaraan yang dihasilkan di dalam terminal dipengaruhi beberapa faktor diantaranya idle time. Perhitungan idle time dapat dilihat pada persamaan 3-3 dan 3-4 dibawah ini (Taylor, 2003) :

- **Idle fuel use (l/year) = (idle fuel flow) × (idle time per day) × (days in year).....(3-3)**

dimana : Idle fuel use : pemakaian bahan bakar ketika ngetem (l/tahun)

Idle fuel flow : aliran bahan bakar (l/jam)

Idle time per day : waktu ngetem per hari (jam)

Days in year : jumlah hari setahun (365 hari)

- **Idle emissions (g/year) = (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)

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Identifikasi Aktivitas Kendaraan

4.1.1 Identifikasi Aktivitas Kendaraan di Terminal Mangkang

a. Aktivitas Pergerakan :

Kendaraan di Terminal Mangkang melakukan pergerakan antar tiap jalur di dalam terminal pada kecepatan yang rendah yaitu sekitar 7-30 km/jam. Menurut Mrihardjono dan Sinaga (2011), kecepatan rendah ini memicu penggunaan bahan bakar yang besar, sehingga pemakaian bahan bakar yang besar mengakibatkan jumlah emisi gas rumah kaca yang dikeluarkan semakin besar

b. Aktivitas kendaraan ketika waktu menunggu (idle time)

Aktivitas idle time di lokasi pertama yang dilakukan bus besar dan bus kecil memerlukan waktu 15 menit dan 5 menit. Idle time dari tiap angkutan umum bervariasi. BRT memerlukan waktu yang lumayan lama sekitar 20 menit, sedangkan bus sedang 5 menit, sedangkan angkot memerlukan waktu hanya 4 menit.

c. Aktivitas kendaraan saat melakukan cold start dan hot start

Aktivitas hot start di Terminal Mangkang, biasanya dilakukan ketika sopir bus sedang, bus kecil dan angkot menyalakan kembali mesin kendaraannya setelah menunggu penumpang selama tidak lebih dari 45 menit. Aktivitas cold start umum dilakukan di Terminal Mangkang ketika kendaraan dinyalakan dalam kondisi mesin dingin pada saat cuaca dan pengoperasian normal. Kondisi ini biasanya terjadi pada bus AKAP yang transit dan bermalam di terminal Mangkang serta BRT yang bermalam pada kandang bus BRT di Terminal Mangkang. Aktivitas cold start dan hot start ini dapat menimbulkan emisi GRK di terminal. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Yung- Chen You (2008) emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari proses hot start lebih rendah dari

cold start karena temperatur mesin lebih hangat.

4.1.2 Identifikasi Aktivitas Kendaraan di Terminal Penggaron

a. Aktivitas Pergerakan

Aktivitas pergerakan kendaraan di Terminal Penggaron antar tiap jalur tidak begitu padat sehingga pergerakan kendaraan pada terminal dapat bergerak lebih cepat daripada kendaraan di Terminal Mangkang. Kendaraan pada Terminal Penggaron bergerak pada kecepatan 12 km/jam – 30 km/jam. Pergerakan pada kecepatan tersebut dapat dikategorikan kendaraan bergerak pelan. Menurut penelitian yang dilakukan SITRAMP (2004), kendaraan yang bergerak pelan memerlukan konsumsi bahan bakar yang lebih besar daripada saat bergerak pada kecepatan sedang.

b. Aktivitas kendaraan ketika waktu menunggu (*idle time*)

Idle time yang dibutuhkan oleh BRT dan bus besar relatif lebih lama daripada bus kecil, bus sedang dan angkot. Bus besar dan BRT ngetem dengan waktu 7 menit dan 17 menit sedangkan bus kecil, angkot, dan bus sedang hanya memerlukan waktu 3 menit. Menurut Ashrafur Rahman et al. (2013), aktivitas *idle* dapat mengakibatkan mesin kendaraan tidak bisa bekerja secara optimal pada temperatur operasional, sehingga mengakibatkan timbulnya residu bahan bakar pada gas buang yang membuat emisi gas rumah kaca meningkat.

c. Aktivitas kendaraan saat melakukan cold start dan hot start

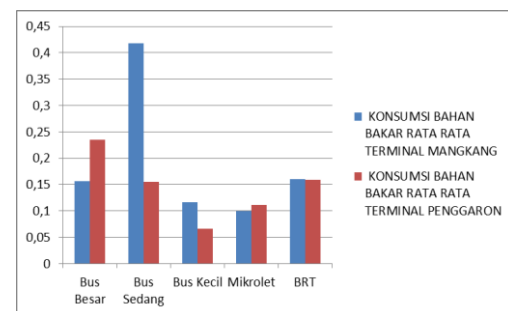
Emisi cold start pada Terminal Penggaron ditimbulkan akibat aktivitas supir angkutan umum yang menyalakan mesin kembali setelah dimatikan dalam jangka waktu yang cukup lama. Hal ini terjadi pada bus besar tujuan purwodadi, Blora dan sekitarnya yang sering bermalam di Terminal Penggaron. Menurut U.S EPA dalam Andrew et al. (1999) kondisi temperatur rendah (2°C-31°C) pada saat cold start membuat konsumsi bahan bakar mengalami kenaikan 18%. Kenaikan konsumsi bahan bakar ini menjadi salah satu faktor pemicu tingginya emisi saat cold start. Selain itu pada kondisi temperatur rendah teknologi pengontrol emisi (catalyst converter) tidak dapat bekerja secara optimal sehingga emisi yang dihasilkan cukup besar. (Yung- Chen You, 2008). Aktivitas hot start di Terminal Mangkang, biasanya dilakukan

ketika menunggu penumpang sambil mematikan mesin kendaraan untuk sementara waktu. Yung- Chen You (2008), emisi hot start mempunyai nilai lebih kecil dari emisi cold start.

4.2 Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Kendaraan Bergerak

Perhitungan emisi GRK yang dipakai menggunakan metode Tier 2, dimana pada metode ini menggunakan pendekatan data aktivitas berupa konsumsi bahan bakar tiap jenis kendaraan.

4.2.1 Konsumsi Bahan Bakar



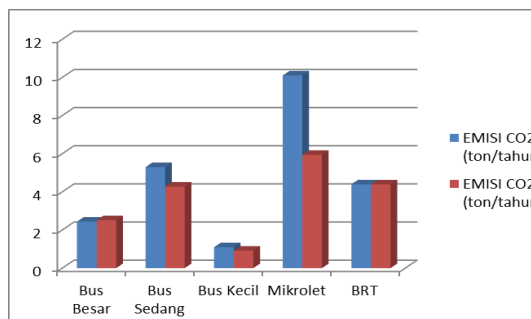
Gambar 4.1 Grafik Konsumsi Bahan Bakar Rata Rata Terminal Mangkang dan Terminal Penggaron

Berdasarkan gambar grafik 4.1 terlihat bahwa konsumsi bahan bakar rata rata tertinggi di Terminal Mangkang dihasilkan oleh bus sedang yaitu sebesar 0,41 liter, sedangkan yang terendah dihasilkan oleh mikrolet yaitu sebesar 0,10 liter. Kondisi ini dikarenakan bus sedang di Terminal Mangkang melakukan pergerakan dengan kecepatan yang rendah serta menempuh jarak yang cukup jauh. Konsumsi bahan bakar rata rata Terminal Penggaron tertinggi dihasilkan oleh bus besar yaitu sebesar 0,23 liter, sedangkan yang paling rendah dihasilkan bus kecil yaitu sebesar 0,06 liter. Secara keseluruhan konsumsi bahan bakar rata-rata terbesar dihasilkan oleh Terminal Mangkang dibandingkan Terminal Penggaron. Kondisi ini terjadi karena aktivitas keluar masuk bus di Terminal Mangkang lebih padat dari Terminal Penggaron sehingga pergerakan kendaraanpun menjadi lebih lambat. Pergerakan yang lambat ini mengakibatkan konsumsi bahan bakar semakin besar

4.2.2 Hasil Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Ketika Kendaraan Bergerak

Pada sub bab sebelumnya telah didapatkan nilai perhitungan untuk konsumsi bahan bakar rata rata dari setiap jenis kendaraan. Sehingga untuk memperoleh nilai emisi gas rumah kaca dari setiap jenis kendaraan langsung menggunakan rumus 3.1 dan 3.2. Nilai emisi gas rumah kaca yaitu CO_2 , CH_4 , dan N_2O dapat digabungkan menjadi CO_2 ekuivalen (CO_2e). Sebelum emisi CH_4 dan N_2O digabungkan dengan emisi CO_2 , kedua emisi tersebut harus terlebih dahulu dikonversi menjadi relatif CO_2 . Cara mengkonversinya adalah dengan mengalikan dengan GWP (Global Warming Potensial). GWP adalah nilai yang relatif sama dengan CO_2 . GWP relatif terhadap CO_2 untuk emisi gas CH_4 adalah 25 ton CO_2 , dimana 1 ton CH_4 setara dengan 25 ton CO_2 . Sedangkan GWP relatif terhadap CO_2 untuk emisi gas N_2O adalah 298 ton CO_2 , dimana 1 ton N_2O setara dengan 298 ton CO_2 . Setelah emisi CO_2 , CH_4 dan N_2O diketahui, kemudian dari ketiga emisi pencemar tersebut dapat dihitung emisi CO_2e .

1. Emisi Gas Rumah Kaca di Terminal Penggaron :



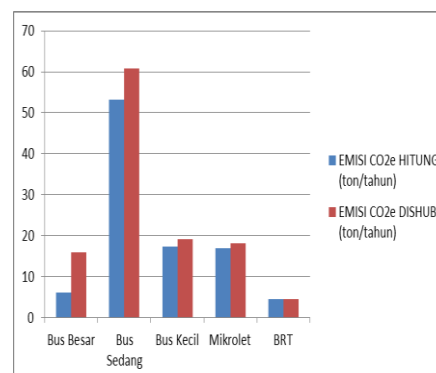
Gambar 4.2 Hasil Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Terminal Penggaron

Sumber : Analisis Penulis, 2016

Berdasarkan gambar 4.2 emisi CO_2e pada terminal Penggaron di dominasi oleh kendaraan mikrolet yaitu sebesar 10,1017442 ton/ tahun untuk data perhitungan langsung dan 5,942 ton/tahun untuk data yang bersumber dari Dishub. Hal ini disebabkan karena jumlah kendaraan mikrolet yang masuk ke terminal penggaron jumlahnya cukup besar untuk setiap harinya, sekitar 55-60 pada *weekend* dan 80-110 pada *weekdays*. Nilai emisi terendah dihasilkan oleh bus kecil yaitu sebesar 1,10 ton/tahun untuk data perhitungan dan 0,91 ton/tahun

untuk data Dishub. Nilai emisi terendah pada bus kecil karena jumlah bus kecil yang keluar masuk terminal sedikit dibandingkan transportasi lain dan nilai konsumsi bahan bakar rata ratanya juga kecil. Secara keseluruhan nilai emisi bus sedang, bus kecil, dan mikrolet hasil perhitungan lebih besar daripada data dishub karena selisih perbedaan jumlah kendaraan berdasarkan data hitung dan dishub cukup besar. Menurut penelitian Purwanto (2015), jumlah kendaraan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai emisi, kenaikan emisi sebanding ini dengan kenaikan jumlah kendaraan

2. Emisi Gas Rumah Kaca di Terminal Mangkang



Gambar 4.3 Hasil Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Terminal Mangkang

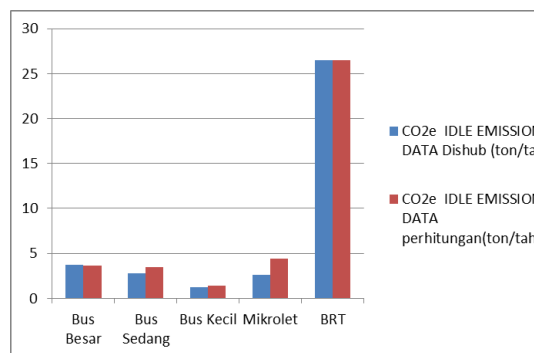
Sumber : Analisis Penulis, 2016

Perhitungan emisi gas rumah kaca pada Terminal Mangkang dilakukan dengan melakukan perhitungan berdasarkan data Dishub dan data perhitungan langsung. Melalui rumus yang sama maka diperoleh data Dishub yang mayoritas lebih besar daripada data perhitungan. Perbedaan jauh ini terjadi terutama pada nilai emisi bus besar. Nilai emisi bus besar yang diperhitungkan dengan data dishub sebesar 15,98 ton/tahun sedangkan yang diperhitungkan langsung sebesar 6,18 ton/tahun. Perbedaan ini terjadi karena adanya perbedaan cukup jauh data jumlah kendaraan yang dilakukan dishub dengan perhitungan langsung. Emisi GRK yang dihasilkan terbesar di Terminal Mangkang bersumber dari kendaraan bus sedang. Bus sedang menghasilkan emisi sebesar 53,18 ton/tahun berdasar data perhitungan dan 60,76 ton/tahun berdasarkan data dishub. Nilai emisi bus sedang yang besar ini akibat

jumlah konsumsi bahan bakar yang diperlukan oleh bus sedang paling besar diantara kendaraan lain. Faktor konsumsi bahan bakar juga mempengaruhi nilai emisi

4.3 Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca dalam Keadaan Waktu Menunggu (Idle Time)

1. Emisi Gas Rumah Kaca di Terminal Penggaron

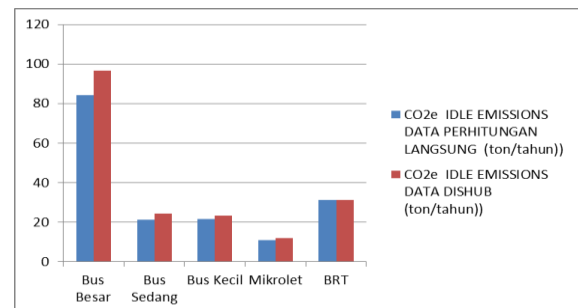


Gambar 4.4 Hasil Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Ketika Idle Time di Terminal Penggaron

Sumber : Analisis Penulis, 2016

Berdasarkan gambar 4.4 lama waktu ngetem yang dilakukan oleh BRT ini mengakibatkan jumlah emisi yang dihasilkan BRT jauh lebih besar daripada moda transportasi lain. BRT lama melakukan waktu tunggu dikarenakan di shelter BRT sering mengalami penumpukan BRT sehingga waktu tunggu antar BRT semakin bertambah. Faktor lain yang mendukung adalah BRT merupakan moda transportasi massal satu satunya di Penggaron yang menggunakan AC dimana menurut penelitian Frey and Kuo dalam Ashrafur Rahman et al. (2013) penggunaan AC dalam kondisi Idling meningkatkan nilai emisi. Nilai emisi yang paling kecil dihasilkan oleh bus kecil yaitu sebesar 1,19 ton berdasarkan data perhitungan sedangkan berdasarkan data dishub sebesar 1,43 ton. Kondisi ini dikarenakan jumlah kendaraan bus kecil memiliki nilai paling kecil dibandingkan kendaraan yang lainnya. Faktor perbedaan jumlah kendaraan ini yang paling mempengaruhi besarnya perbedaan antara emisi hasil perhitungan dan emisi berdasarkan data dishub.

2. Emisi Gas Rumah Kaca di Terminal Mangkang



Gambar 4.5 Hasil Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Ketika Idle Time di Terminal Mangkang

Sumber : Analisis Penulis, 2016

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat disimpulkan bahwa terjadi perbedaan nilai emisi GRK di Terminal Mangkang, hal ini terjadi karena terdapat perbedaan jumlah kendaraan. Walaupun lama waktu ngetem di Terminal Mangkang paling lama terjadi pada BRT namun emisi terbesar dihasilkan oleh bus besar yaitu sebesar 84,26 ton / tahun menurut data perhitungan langsung dan 96,78 ton/tahun menurut data Dishub. Emisi yang lebih besar ini dikarenakan jumlah kendaraan dan juga nilai kapasitas mesin yang lebih besar. Perbedaan nilai kapasitas mesin ini juga mempengaruhi besarnya emisi pada mikrolet. Mikrolet menghasilkan emisi terkecil di Terminal Mangkang yaitu sebesar 10,96 ton/tahun untuk data perhitungan dan 11,81 ton/tahun untuk data kendaraan dari dishub. Nilai emisi yang kecil dikarenakan nilai kapasitas mesin yang paling kecil dan waktu ngetem yang paling singkat diantara kendaraan lain.

4.3 Rekomendasi Aksi Mitigasi untuk Menurunkan Emisi Gas Rumah Kaca di Terminal

4.3.1 Menerapkan dan Memperkuat Kebijakan Melakukan pembatasan waktu menunggu (idle time)

Pembatasan waktu menunggu diberlakukan kepada sopir sopir angkutan umum yang sering melakukan aktivitas ini di dalam terminal. Kebijakan ini sebaiknya dilakukan secara aktif oleh pihak UPTD terminal dengan memberlakukan denda apabila sopir angkuta umum masih melakukan aktivitas idle time yang cukup lama di lingkungan terminal. Aktivitas ini

diharapkan dapat mengurangi timbulnya emisi GRK didalam terminal.

- **Manajemen Parkir**

Manajemen parkir merupakan kebijakan yang perlu diterapkan di terminal yang padat lalu lintas untuk mengurangi kemacetan, yaitu dengan menjalankan off street parking dan melarang kendaraan untuk parkir di badan jalan (*on street parking*). Menurut brightman et al. (2013) dalam laporan penelitiannya yang berjudul Bus Idling and Emissions, *on street parking* ini merupakan aktivitas parkir ilegal yang dapat mengganggu lalu lintas serta dapat menyebabkan lebih banyak *stop-start condition*.

4.3.2 Penyertaan Kebijakan

- Aksi mitigasi pelatihan *smart driving*

Metode *smart driving* menggunakan strategi perilaku pengemudi dalam berkendara agar dicapai konsumsi bahan bakar yang paling efisien. Pemakaian bahan bakar yang efisien secara otomatis juga menurunkan tingkat emisi kendaraan.

- Melakukan pemeriksaan, pemeliharaan dan peremajaan kendaraan secara rutin

Emisi gas buang kendaraan yang melebihi ambang batas yang ditentukan akan menyebabkan kerusakan lingkungan oleh karena itu, supir harus rajin melakukan pemeriksaan dan pemeliharaan mesin kendaraannya. Selain itu upaya peremajaan kendaran juga perlu dilakukan kepada kendaraan kendaraan yang sudah tua agar keselamatan penumpang terjamin.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

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

1. Aktivitas kendaraan di Terminal Mangkang dan Terminal Penggaron cukup padat. Kondisi ini dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca melalui aktivitas kendaraan diantaranya :
 - Aktivitas pergerakan kendaraan Kendaraan di Terminal Mangkang bergerak dengan kecepatan yaitu 7-

30 km/jam, sedangkan kendaraan di Terminal Penggaron 12-30 km/jam.

- Aktivitas kendaraan ketika waktu menunggu (*idle time*)

Waktu menunggu kendaraan di Terminal Mangkang berkisar 4-20 menit, sedangkan di Terminal Penggaron berkisar 3 – 17 menit.

- Aktivitas *Hot Start* dan *Cold Start* Cold Start di Terminal Mangkang terjadi selama 5-10 menit, sedangkan Terminal Penggaron dilakukan dengan kurun waktu selama 5-7 menit. Hot start di Terminal Mangkang terjadi selama 3-4 menit, sedangkan Terminal Penggaron dilakukan dengan kurun waktu selama 2-4 menit.

2. Emisi gas rumah kaca yang dihitung dan dikaji di Terminal Mangkang dan Terminal Penggaron dibagi menjadi 2 yaitu emisi ketika kendaraan bergerak dan ketika waktu menunggu.

- Emisi bergerak di Terminal Mangkang
Emisi CO_{2e} bergerak paling besar dihasilkan oleh bus sedang, yaitu mencapai 53,18 ton/tahun (perhitungan) dan 60,76 ton/tahun (Dishub).
- Emisi bergerak di Terminal Penggaron
Emisi CO_{2e} bergerak paling besar dihasilkan oleh mikrolet, yaitu mencapai 10,10 ton/tahun (perhitungan) dan 5,96 ton/tahun (Dishub).
- Emisi Waktu Menunggu di Terminal Penggaron
Emisi CO_{2e} paling besar dihasilkan oleh BRT, yaitu mencapai 26,47 ton/tahun (dishub dan perhitungan)
- Emisi Waktu Menunggu di Terminal Mangkang
Emisi CO_{2e} paling besar dihasilkan oleh Bus Besar, yaitu mencapai 84,26 ton/tahun

- (perhitungan) dan 96,78 ton/tahun (dishub).
3. Rekomendasi aksi mitigasi akibat emisi GRK yang dikeluarkan kendaraan dapat dilakukan diantaranya melalui :
 - Menerapkan dan Memperkuat Kebijakan
 - Penyertaan Kebijakan
- ### 5.2 Saran
- Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :
1. Penelitian ini perlu dikembangkan untuk perhitungan beban emisi dengan memperhatikan jenis mesin dan teknologi kendaraan terutama untuk kendaraan angkuta umum seperti bus, mikrolet, taksi, agar didapatkan hasil yang lebih baik.
 2. Perlu penelitian lanjutan mengenai perhitungan emisi kendaraan pribadi seperti mobil dan motor pada tempat yang padat dengan aktivitas kendaraannya.
 3. Perlu ketelitian dalam perhitungan dilapangan dan dalam pengerjaan laporan untuk mengurangi human error yang mungkin saja dapat terjadi
- ### Daftar Pustaka
- Adisasmita, R. dan Sakti, A. A. 2011. *Manajemen Transportasi Darat*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Andrew et al., 2014. *Internal combustion engine cold-start efficiency: A review of the problem, causes and potential solutions*. Elsevier. <http://www.elsevier.com/locate/econmana>
- 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
- Arthana dan Suarna. 2015. *Inventarisasi Emisi Sumber Bergerak di Jalan (On-Road) Kota Denpasar*. Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Udayana-Bali.
- Bennet, R., Greenwood. 2001. *Modelling Road User And Environmental Effects In HDM-4*. Birmingham: ISOHDM. hlm 108-111.
- Brightman et al., 2010. *Bus Idling and emissions*. Report Transport & Travel Research Ltd. London, England.
- CORINAIR. 2009. *Atmospheric Emission Inventory Guidebook 3th Edition*. European Environment Agency.
- Dinas Perhubungan Komunikasi dan Informasi Kota Semarang Tahun 2016
- Haworth et al., 2001. *The Relationship between fuel economy and safety outcomes*. Monash University, Canberra
- Hamid Aly, S., 2015. *Emisi Transportasi*. Makasar : Penebar PLUS+.
- Hodijah, Nurhadi, Bintal Amin dan Mubarak. 2014. *Estimasi Beban Pencemar Dari Emisi Kendaraan Bermotor di Ruas Jalan Kota Pekanbaru*. Pekanbaru: Pusat Pengelolaan Ekoregion Sumatera
- IPCC. 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Volume 2 : Energy
- Irawan. B. 2004. *Rancang Bangun Modifikasi Catalytic Converter Dengan Katalis Material Substrat (Cu) dan Nikel (Ni) Pada Saluran Gas Buang Kendaraan Bermotor untuk Meredusi Emisi Gas Buang Carbon Monoksida*. Laporan Penelitian, UNIMUS
- Juli Mrihardjono, Nazarudin Sinaga. 2011. *Penguian Model Drivimg Cycle Kendaraan Honda City Berbahan Bakar Premium*. Semarang :Universitas Diponegoro Semarang
- Jalaluddin, 2013. *Analisis Karakteristik Emisi Gas Buang Pada Sarana Transportasi Roda Dua Kota Banda Aceh*. Jurnal. Program Studi Teknik Mesin. Universitas Syiah Kuala.
- JICA 2004. *Study of Integrated Transportation Master Plan for Jabodetabek (SITRAM Phase II)*.

- Kementerian Lingkungan Hidup, 2012. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional Buku II Volume 1: Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Pengadaan Dan Penggunaan Energi*. Jakarta: KLH.
- Kementerian Lingkungan Hidup, 2013. *Pedoman Teknis Penyusunan Inventarisasi Emisi Pencemar Udara di Perkotaan*. Buku I Pedoman Umum. Jakarta: KLH.
- Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional / Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, 2013. *Petunjuk Teknis Pemantauan, Evaluasi Dan Pelaporan (Pep) Pelaksanaan Rad-Grk*. Jakarta: Bappenas
- Khovakh, M. 1979. *Motor Vehicle Engines*. Moscow: MIR Publishers.
- Marlina, N., 2012. *Evaluasi Peletakan Terminal Banyumanik dan Penggaron dalam Mendukung Aktivitas Sekitar*. Program Studi Teknik Planologi Undip-Semarang.
- Morlok, Edward K. 2005. *Pengantar Teknik dan Perencanaan*. Jakarta: Erlangga.
- Munawar, A., 2005. *Dasar-Dasar Teknik Transportasi*, Penerbit Beta Offset. Yogyakarta
- Nur, Y. , Lestari, P. dan Uttari, I. 2010. *Inventori Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂ dan CH₄) dari Sektor Transportasi di DKI Jakarta Berdasarkan Konsumsi Bahan Bakar*. Jurnal. Program Studi Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Bandung.
- Paransa et al., 2013. *Analisa Karakteristik Moda Transportasi Angkutan Umum Rute Manado Tomohon Dengan Metode Analisa Biaya Operasional Kendaraan (Bok)*. Jurnal. Program Studi Teknik Sipil. Universitas Samratulangi. Manado.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2012 tentang AMDAL
- Pinto dan Maria, 2008. *Using the Relationship between Vehicle Fuel Consumption and CO₂ Emissions To Illustrate Chemical Principles*. Department of Chemistry, North Carolina State University. New York City.
- Purwanto, C. P. 2015. *Inventarisasi Emisi Sumber Bergerak di Jalan (On Road) Kota Denpasar*. Tesis. Magister Ilmu Lingkungan. Universitas Udayana
- S. M. A. Rahman et al. 2013. *Impact of idling on fuel consumption and exhaust emissions and available idle-reduction technologies for diesel vehicles*. Elsevier. <http://www.elsevier.com/locate/econmand>
- Sandjaja, B., dan Albertus Heriyanto. 2006. *Panduan Penelitian*. Jakarta: Prestasi Pustaka
- Soedomo, Moestikahadi. 2001. *Pencemaran Udara*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sugiyono. 2014. *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung : Anggota Ikatan Penerbit Indonesia (IKAPI).
- Sugiono, 2009. *Metode Penelitian Kualitatif ,Kuantitatif dan R&D*. Alfabeta. Bandung
- Sunarto, 2012. *Analisis Dampak Lalu Lintas Dibangunnya Terminal Mangkang pada Ruas Jalan Rute Bus Luar Kota di Kota Semarang (Tesis Magister)*. Program Studi Teknik Sipil PPS Undip-Semarang.
- Taylor, G.W.R. 2003. *Review of the incidence, Energy Use and Costs of vehicle idling*. Office of Energy Efficiency.Canada
- UPT Terminal Mangkang Tahun 2011
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA).1997. *Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1, Fifth Edition AP-42*. 1997. Washington DC, U.S.A
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 1993. *Extreme Low-*



Temperature Cold Starts. Washington
DC, U.S.A

Yolanda, Y. 2012. *Hubungan Kapasitas
Mesin dan Tahun Pembuatan serta
Perawatan Kendaraan Bermotor
dengan Emisi Gas Buang Kendaraan
Bermotor di Kota Medan Tahun 2012*.
PS Kesehatan Masyarakat USU.
Medan

Yung- Chen You, 2009. *Comparison of
Exhaust Emissions Resulting from*

Cold- and Hot-Start. Journal of the Air
& Waste Management Association.

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