

ANALISIS *SHIFTING* PENGGUNAAN MODA KENDARAAN BERMOTOR KE KERETA API TERHADAP PENURUNAN EMISI GAS RUMAH KACA (CO₂, CH₄, DAN N₂O) STUDI KASUS : DAERAH OPERASIONAL VIII SURABAYA

Claudea Rizki Amelia^{*)}, Budi P Samadikun^{**)}, Haryono Setiyo Huboyo^{**)}
Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto, S.H Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
email: clauderizki@gmail.com

Abstrak

Gas rumah kaca adalah gas-gas di atmosfer yang dapat menyebabkan efek rumah kaca. Meningkatnya jumlah kendaraan berdampak pada peningkatan beban emisi gas rumah kaca (CO₂, CH₄, dan N₂O). Salah satu aktivitas manusia yang berpengaruh besar terhadap konsentrasi gas rumah kaca di udara adalah kegiatan transportasi. Berdasarkan dokumen kaji ulang Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca melalui Dokumen Intended Nationally Determined Contribution (INDC) Indonesia sebagai negara berkembang telah berkomitmen untuk menurunkan emisi gas rumah kaca pada tahun 2030 sebesar 29%. Kegiatan shifting dilakukan dengan menggeser pola penggunaan kendaraan pribadi (sarana transportasi dengan konsumsi energi tinggi) ke pola transportasi rendah karbon seperti sarana kendaraan tidak bermotor, transportasi publik, transportasi air untuk mengurangi jumlah kendaraan bermotor yang beroperasi sehingga dapat mengurangi konsentrasi emisi gas rumah kaca di udara. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penurunan emisi gas rumah kaca (CO₂, CH₄, dan N₂O) dari adanya kegiatan shifting penggunaan moda kendaraan bermotor ke transportasi massal kereta api serta mengetahui proyeksi penurunan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan pada tahun. Skenario perjalanan kereta api juga dibuat untuk mengetahui besar keluaran emisi gas rumah kaca dari perjalanan kereta api lokal. Penelitian dilakukan di Daerah Operasi VIII Surabaya, tepatnya di Stasiun Gubeng dengan menyebar kuesioner kepada calon penumpang kereta api lokal. Pengolahan data dilakukan menggunakan rumus Laporan Pendahuluan Penyusunan Metode Measurement, Reporting & Verification / Perpres 71 tahun 2011 di Sektor Transportasi. Kota Surabaya adalah Kota Metropolitan sekaligus kota terbesar kedua di Indonesia yang sangat strategis sebagai pusat pemerintahan, perdagangan, industri, bisnis, pendidikan dan pariwisata. Berdasarkan data dari BPS, jumlah sepeda motor pada tahun 2015 meningkat sebesar 5,7%, untuk mobil penumpang sebesar 5,69 %. Sedangkan untuk jumlah bus dan kendaraan sejenisnya pada tahun 2015 meningkat sebesar 5,72% dibandingkan dengan jumlah pada tahun sebelumnya. Nilai pengurangan emisi yang didapat dari hasil perhitungan sebesar 17.427,908 ton, dengan jumlah terbesar dihasilkan oleh aktivitas shifting penumpang Kereta Api Dhoho yaitu CO₂e sebesar 13.547,76 ton/tahun, sedangkan yang paling kecil dihasilkan oleh aktivitas shifting penumpang yang terjadi pada Kereta Api Penataran yaitu CO₂e 18,71 ton/tahun. Untuk hasil perhitungan proyeksi tahun 2030 didapatkan nilai CO₂e sebesar 19.633,418 ton/tahun, jumlah tersebut hanya meningkat 12,65% dari tahun awal. Permodelan emisi GRK dilakukan dengan pengolahan data secara manual menggunakan rumus dasar Tier-1. Dari skenario permodelan emisi GRK pada 4 sampel kereta api lokal Daop VIII Surabaya dengan rute perjalanan yang berbeda menghasilkan besar emisi GRK dengan jumlah CO₂e dalam satu kali perjalanan untuk Kereta Komuter sebesar 297,183 kg, Kereta Api Penataran sebesar 852,15 kg, KRD sebesar 936,964 kg, dan yang terakhir Kereta Api Dhoho sebesar 827,561 kg. Untuk memenuhi target pengurangan emisi GRK sebesar 29% pada tahun 2030, pemerintah daerah serta instansi terkait (PT KAI dan Dinas Perhubungan) harus melakukan

perbaikan dan pembenahan terhadap fasilitas kereta api serta penyederhanaan prosedur pembelian tiket guna menarik banyak masyarakat untuk melakukan shifting kendaraan bermotor ke transportasi kereta api.

Kata kunci: Gas Rumah Kaca, CO₂, CH₄, N₂O, aktivitas kendaraan, transportasi massal.

Abstract

[Analysis of Shifting Use of Motor Vehicle Mode to Train to Reduce Greenhouse Gas Emissions (CO₂, CH₄, and N₂O) Case Study: Regional Operational VIII Surabaya]. Greenhouse gases are gases in the atmosphere that can cause the greenhouse effect. The increasing number of vehicles resulted in an increase in the burden of greenhouse gas emissions (CO₂, CH₄, and N₂O). One of human's activity that will greatly affect the concentration of greenhouse gases in the air is transport activities. Based on the document review of Presidential Regulation Number 61 Year 2011 on the National Action Plan for Greenhouse Gas Emission Reduction through Document Intended Nationally Determined Contribution (INDC) Indonesia as a developing country has committed to reduce greenhouse gas emissions in 2030 by 29%. Activity shifting is done by shifting the pattern of use of private vehicles (means of transport with high energy consumption) to the transportation pattern of low-carbon as a means of non-motorized transport, public transport, water transport to reduce the number of vehicles that operate so as to reduce the concentration of greenhouse gas emissions in the air, this study aimed to analyze the reduction in greenhouse gas emissions (CO₂, CH₄, and N₂O) from their activities shifting modes of use of motor vehicles to mass transit railway as well as determine the projected reduction in greenhouse gas emissions produced in the year. Scenario train trip was also made to determine the major output of greenhouse gas emissions from the local train journey. The study was conducted at the Regional Operations VIII Surabaya, precisely in Gubeng station with spreading questionnaires to potential local train passengers. Cultivation data is done using the formula Preliminary Report Preparation Methods of Measurement, Reporting and Verification / Presidential Decree 71 of 2011 in the Transport Sector. Surabaya City is the Metropolitan once the second largest city in Indonesia is very strategic as the center of government, commerce, industry, business, education and tourism. Based on data from BPS, the number of motorcycles in 2015 increased by 5.7%, for passenger cars amounted to 5.69%. As for the number of buses and vehicles like the 2015 increase of 5.72% compared with the number in the previous year. Emissions reduction Values obtained from the calculation of 17.427.908 tons/year, with the largest number of passengers generated by shifting activity Dhoho Trains which amounted to 13.547.76 tons CO₂e / year, while the smallest activity produced by shifting passengers who happened to Penataran Trains 18.71 tons CO₂e / year. For the calculation of the projected 2030 value obtained by 19.633.418 tons CO₂e, that number increased by only 12.65% of the initial year. GHG emissions modeling is done by manual processing using the basic formula of Tier-1. Scenario modeling of GHG emissions on 4 local train samples Daop VIII Surabaya with different route trips generate major greenhouse gas emissions by the amount of CO₂e in one trip to Commuter Trains of 297.183 kg, Penataran Trains of 852.15 kg, KRD amounted to 936.964 kg, and the latter Dhoho Trains of 827.561 kg. To meet the target of reducing GHG emissions by 29% by 2030, local governments and related institutions (PT KAI and the Department of Transportation) have to make repairs and improvements to the railway facilities and simplification of procedures for the purchase of tickets to attract a lot of people to do the shifting of motor vehicles to trains transportation.

Keywords: Greenhouse Gases, CO₂, CH₄, N₂O, vehicle activity, mass transportation

1. PENDAHULUAN

Menurut Newby (2007), dalam Sudarman (2010) gas rumah kaca yaitu gas-gas di atmosfer yang memiliki potensi untuk menghambat radiasi sinar matahari yang dipantulkan oleh bumi sehingga menyebabkan suhu di permukaan bumi menjadi hangat. Gas-gas ini terutama dihasilkan dari berbagai kegiatan manusia, utamanya kegiatan yang menggunakan pembakaran bahan bakar fosil, seperti penggunaan kendaraan bermotor, pembakaran bahan bakar minyak dan batubara di industri.

Upaya minimasi emisi gas rumah kaca menjadi salah satu upaya yang mendapat perhatian besar dalam pengelolaan lingkungan. Efek rumah kaca merupakan keadaan yang timbul akibat semakin banyaknya gas buang ke lapisan atmosfer yang memiliki sifat penyerap panas yang ada, baik berasal dari pancaran sinar matahari maupun panas yang ditimbulkan di bumi, dan radiasi panas tersebut kemudian dipancarkan kembali ke permukaan bumi. Adanya peningkatan emisi gas rumah kaca akan mengakibatkan terjadinya kecenderungan peningkatan suhu dari permukaan bumi dan atmosfer bagian bawah atau disebut juga pemanasan global (Soedomo, 2001).

Dalam Laporan Pendahuluan Penyusunan Metodologi *Measurement, Reporting & Verification (MRV)* / Perpres 71 Tahun 2011 di Sektor Transportasi, terdapat enam jenis GRK yang didefinisikan oleh UNFCCC (*United Nations Frameworks Convention on Climate Change*), yaitu CO₂ (karbon dioksida), CH₄ (metana), N₂O (dinitrogen oksida), HFCs (hidro fluoro karbon), PFCs (perfluoro karbon), dan SF₆ (sulfur heksa fluorida) dan yang merupakan gas

rumah kaca utamanya ialah CO₂, CH₄, dan N₂O.

Kota Surabaya adalah Kota Metropolitan sekaligus kota terbesar kedua di Indonesia yang sangat strategis sebagai pusat pemerintahan, perdagangan, industri, bisnis, pendidikan dan pariwisata, sehingga Kota Surabaya memiliki daya tarik tersendiri bagi masyarakat disekitarnya. Sebagai kota besar dan merupakan Ibu Kota Provinsi Jawa Timur, Kota Surabaya tentu saja memiliki intensitas kesibukan serta mobilitas masyarakat yang tinggi yang berakibat pada volume kendaraan bermotor di jalan raya untuk keperluan atau aktivitas sehari-hari, ditambah lagi dengan adanya aktivitas transportasi dari para pekerja dan penuntut ilmu dari daerah sekitar Kota Surabaya yang berlangsung setiap harinya. Berdasarkan data dari BPS, jumlah sepeda motor pada tahun 2015 meningkat sebesar 5,7%, untuk mobil penumpang sebesar 5,69 %. Sedangkan untuk jumlah bus dan kendaraan sejenisnya pada tahun 2015 meningkat sebesar 5,72% dibandingkan dengan jumlah pada tahun sebelumnya.

Daerah Operasi VIII Surabaya atau disingkat dengan Daop VIII Surabaya adalah salah satu daerah operasi perkeretaapian Indonesia, yang berada di bawah Direksi PT Kereta Api Indonesia. Berpusat di Kota Surabaya yang merupakan kota Metropolitan terbesar kedua di Indonesia, Daop VIII mempunyai 7 stasiun utama, yaitu Stasiun Surabaya Gubeng (sebagai stasiun pusat), Stasiun Surabaya Pasar Turi, Stasiun Surabaya Kota, Stasiun Sidoarjo, Stasiun Mojokerto, Stasiun Malang, dan Stasiun Blitar. Daop VIII Surabaya melayani masyarakat Kota Surabaya serta masyarakat di daerah sekitar Kota Surabaya untuk melakukan

perjalanan jarak dekat maupun jarak jauh. Tidak seperti Daerah Operasi I Jakarta yang telah memiliki Kereta Rel Listrik (KRL) yang dioperasikan secara lokal dalam daop, semua kereta lokal yang beroperasi di Daop VIII Surabaya merupakan kereta api bermesin diesel dengan bahan bakar solar.

Pemanfaatan kereta api sebagai salah satu alternatif alat transportasi yang tentu saja akan sangat mempengaruhi dampak pencemaran di udara. Dengan adanya *shifting* penggunaan moda kendaraan bermotor ke kereta api diharapkan dapat mengurangi konsentrasi emisi gas rumah kaca di udara serta dapat mengatasi masalah kemacetan. Untuk mengetahui pengaruh penurunan gas rumah kaca dari perkeretaapian, maka perlu dilakukan survei dan perhitungan untuk mendapatkan angka inventarisasi tersebut, pembuatan skenario permodelan emisi gas rumah kaca dari aktivitas perjalanan kereta api pun dilakukan untuk mengetahui keluaran gas rumah kaca yang dihasilkan dari awal perjalanan menuju stasiun pemberhentian hingga tujuan akhir perjalanan.

1. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Stasiun Gubeng Surabaya dan untuk pengambilan data sekunder dilaksanakan di kantor pusat Daerah Operasi VIII Surabaya, Jalan Stasiun Gubeng No 1, Pacar Keling, Tambaksari, Kota Surabaya, Jawa Timur. Pada penelitian ini membutuhkan dua data yang diperlukan meliputi data primer dan data skunder. Data primer dilakukan dengan survey lapangan dan penyebaran kuesioner. Sedangkan data skunder diperoleh dari Kantor Pusat Daerah Operasional VIII Surabaya, berupa data jumlah

penumpang, panjang rute perjalanan, serta jenis bahan bakar kereta api. Data tambahan tentang bahan bakar lokomotif dan genset didapatkan dari Dipo Lokomotif Daop IV Semarang. Pengambilan data primer dilakukan pada pagi hari hingga sore hari. Pengambilan data dilakukan selama 1 minggu. Pada penelitian ini terdapat tiga tahapan utama, yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan sertatahapanalisis data.

2. ANALISIS DATA

Pengolahan data dilakukan menggunakan rumus Laporan Pendahuluan Penyusunan Metode Measurement, Reporting & Verification / Perpres 71 tahun 2011 di Sektor Transportasi. Untuk skenario permodelan keluaran emisi GRK menggunakan perhitungan Tier 1 dengan pendekatan data aktivitas berupa konsumsi bahan bakar tiap jenis kendaraan.

Rumus –rumus yang digunakan dalam pengolahan data adalah sebagai berikut:

1. Rumus perhitungan besar pengurangan emisi gas rumah kaca dari *shifting* penggunaan moda kendaraan bermotor ke transportasi publik kereta api.

$$\Delta E = E_{KBM} - E_{KA}$$
$$\Delta E = p \times q \times ((t_{KBM} \times e_{CO2}) - p \times q (t_{KA} \times e_{CO2}))$$

.....(3-1)

Dimana :

ΔE	: Indikasi pengurangan emisi kendaraan bermotor oleh KA (ton/thn)
E_{KBM}	: Jumlah emisi kendaraan bermotor yang direduksi dengan KA (ton/thn)
E_{KA}	: Jumlah emisi yang dihasilkan oleh KA (ton/thn)
t_{KBM}	: Konsumsi bahan bakar spesifik (litr/km/penumpang) kendaraan bermotor (Bus :0.02 ltr/pnp/km ; mobil :

- 0.02 ltr/pnp/km; sepeda motor : 0.025 ltr/pnp/km, truk: 0.018 ltr/ton/km)
- ℓ_{KA} : Konsumsi bahan bakar spesifik kereta api (ℓ_{KA} : 0.002 ltr/pnp/km untuk kereta penumpang.
- e_{CO_2} : Faktor emisi dari CO₂, CH₄, N₂O berdasarkan bahan bakar (kg/ltr)
- p : Panjang rata-rata perjalanan (km)
- q : Persentase *shifting* moda kendaraan x (persentase pelaku *shifting* x jumlah penumpang)

2. Rumus perhitungan besar pengurangan emisi gas rumah kaca dari *shifting* pengiriman barang menggunakan moda kendaraan bermotor ke kereta api.

$$\Delta E = E_{KBM} - E_{KA}$$

$$\Delta E = p \times s \times (\ell_{KBM} \times e_{CO_2}) - p \times s (\ell_{KA} \times e_{CO_2})$$

.....(3-2)

Dimana :

- ΔE : Indikasi pengurangan emisi kendaraan bermotor oleh KA (ton/thn)
- E_{KBM} : Jumlah emisi kendaraan bermotor yang direduksi dengan KA (ton/thn)
- E_{KA} : Jumlah emisi yang dihasilkan oleh KA (ton/thn)
- ℓ_{KBM} : Konsumsi bahan bakar spesifik (ltr/km/penumpang) kendaraan bermotor (Bus :0.02 ltr/pnp/km ; mobil : 0.02 ltr/pnp/km; sepeda motor : 0.025 ltr/pnp/km, truk: 0.018 ltr/ton/km)
- ℓ_{KA} : Konsumsi bahan bakar spesifik kereta api (ℓ_{KA} : 0.002 ltr/pnp/km untuk kereta penumpang.
- e_{CO_2} : Faktor emisi dari CO₂, CH₄, N₂O berdasarkan bahan bakar (kg/ltr). Untuk
- p : Panjang rata-rata perjalanan (km)
- s : Persentase *shifting* moda kendaraan x (persentase pelaku *shifting* x jumlah pengirim barang)

Nilai emisi gas rumah kaca pada tiap kendaraan didapatkan dengan cara menjumlahkan parameter CO₂, CH₄ dan N₂O sehingga diperoleh CO₂ equivalent (CO₂e). Untuk 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. Setelah emisi CO₂, CH₄ dan N₂O diketahui kemudian dari ketiga emisi pencemar tersebut dapat dihitung emisi CO₂e.

$$\sum E_{CO_2e} = \Delta E_{CO_2} + \Delta E_{CH_4e} + \Delta E_{N_2Oe}$$

.....(3-3)

Dimana :

- $\sum E_{CO_2e}$:Indikasi pengurangan emisi GRK total setelah penyetaraan
- ΔE_{CO_2} :Indikasi pengurangan emisi GRK parameter CO₂
- ΔE_{CH_4e} :Indikasi pengurangan emisi GRK parameter CH₄ (setara)
- ΔE_{N_2Oe} : Indikasi pengurangan emisi GRK parameter N₂O (setara)

Tabel 3.1 Faktor Emisi berdasarkan Jenis kendaraan dan Jenis Bahan Bakar

Tipe Kendaraan/ Bahan Bakar	Faktor emisi (kg/ltr)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Bensin			
Sepeda Motor	2,2869	0,001089	0,0001056
Mobil	2,2869	0,001089	0,0001056
Solar			
Bus	2,6676	0,0001404	0,0001404
Lokomotif	2,6676	0,0001404	0,00010296

Sumber : IPCC 2006

3. Proyeksi pengurangan emisi gas rumah kaca hingga tahun 2030 didapatkan dari rumus pengurangan emisi GRK sebelumnya yang diolah menggunakan data hasil proyeksi penumpang, dengan persentase *shifting* dianggap konstan. Metode yang dipilih untuk digunakan dalam perhitungan proyeksi adalah metode *Last Square*, dimana menghasilkan standar deviasi paling kecil dan nilai R paling mendekati 1. Berikut adalah rumus proyeksi dari metode Last Square.

$$y' = a + bx \dots \dots \dots (3-4)$$

Dimana:
 y' : Jumlah penumpang yang diproyeksikan pada tahun ke - n
 x : Parameter
 n : Tahun pengamatan
 a : Rata-rata penumpang pada tahun yang telah diketahui
 b : Jumlah penumpang yang telah diketahui/ x^2
 Efektivitas *Shifting* Kendaraan pada tahun n terhadap tahun n_0
 $EF = \frac{\Delta E_{n1} - \Delta E_{n0}}{\Delta E_{n0}} \cdot 100\% \dots \dots \dots (3-5)$

Dimana:
 ΔE_{n1} : CO₂etahun n
 ΔE_{n0} : CO₂etahun awal penelitian

Jumlah penumpang yang di dapat pada masing-masing tahun kemudian diolah kembali menggunakan rumus pengurangan emisi GRK.

4. Persentase efektivitas dari *shifting* kendaraan dalam penurunan emisi GRK dengan membandingkan pengurangan GRK pada tahun awal penelitian dengan hasil perhitungan di tahun n. Efisiensi hasil penurunan

emisi GRK pada tahun n terhadap tahun n_0 :

$$EF = \frac{\Delta E_{CO_2e,n1} - \Delta E_{CO_2e,n0}}{\Delta E_{CO_2e,n0}} \cdot 100\% \dots \dots (3-6)$$

Dimana:
 $\Delta E_{CO_2e,n1}$: CO₂etahun n
 $\Delta E_{CO_2e,n0}$: CO₂etahun awal penelitian

Hasil perhitungan akan menjadi rekomendasi yang baik bagi pemerintah untuk melakukan pembangunan dan peremajaan fasilitas sarana dan prasarana transportasi kereta api di seluruh Indonesia, agar minat masyarakat semakin tinggi untuk menggunakan kereta api dibanding kendaraan bermotor, terutama kendaraan bermotor pribadi.

1. Skenario Permodelan

Permodelan emisi gas rumah kaca dari aktivitas perjalanan kereta api lokal dilakukan dengan menggunakan rumus dasar TIER 1 sesuai dengan Metodologi Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca pada Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional.

$$Emisi = \sum Konsumsi B_j \times FE_j \dots \dots (3-7)$$

Dimana :
 Emisi : emisi yang dihasilkan
 $\sum Konsumsi B_j$: total kebutuhan bahan bakar
 FE : faktor emisi lokomotif (kg gas/TJ), default IPCC 2006
 J : jenis bahan bakar (premium/solar)

Data konsumsi energi yang tersedia umumnya dalam satuan fisik (ton batubara, kilo liter minyak diesel dll), maka sebelum digunakan pada persamaan

3-9, data konsumsi energi harus dikonversi terlebih dahulu ke dalam satuan energi TJ (Terra Joule) dengan persamaan 3-10.

$$Konsumsi Energi (TJ) = Konsumsi Energi \times Nilai Kalor \dots \dots (3-8)$$

Nilai kalor yang digunakan untuk bahan bakar diesel pada tabel 2.5 adalah

$$36 \times 10^{-6} \text{ TJ/liter.}$$

Perhitungan keluaran emisi GRK dalam satu kali perjalanan dihasilkan dari penjumlahan total emisi GRK dari lokomotif serta mesin pembangkit/genset. Untuk parameter CH₄ dan N₂O harus dilakukan penyetaraan agar mendapatkan nilai CO₂e dengan mengalikan hasil perhitungan yang telah didapat dengan nilai GWP.GWP relatif terhadap CO₂ untuk emisi gas CH₄ adalah 25 ton CO₂, dan untuk emisi gas N₂O adalah 298 ton CO₂. Setelah emisi CO₂, CH₄ dan N₂O diketahui kemudian dari ketiga emisi pencemar tersebut dapat dijumlahkan sebagai total emisi CO₂e.

Tabel 3. 2Faktor Emisi Lokomotif Bahan Bakar Diesel

Faktor emisi (kg/TJ)		
CO ₂	CH ₄	N ₂ O
74.100	4,15	28,6

Sumber : IPCC,2006


Tabel 3. 3Faktor Emisi GRK Diesel


	Faktor Emisi kg/TJ				
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O		
	Dhoho	KRD	Komuter	Tumapel	Penataran
	%	%	%	%	%
BUS	50	40	38,75	24,701	50
MOBIL	18,75	20	21,25	43,209	14,8148
MOTOR	31,25	40	40	32,09	35,185
Jml	100	100	100	100	100
Diesel	74.100	3	0,6		

Sumber : IPCC,2006

2.1 Pengaruh *Shifting* Moda Kendaraan Bermotor ke Kereta Api

Tabel 3. 4Hasil Survei Kuesioner Calon Penumpang di Stasiun Gubeng Surabaya

 : Persentase tertinggi

 : Persentase terendah

Sumber: Hasil Kuesioner, 2016

Survei terhadap calon penumpang dilakukan selama 5 hari dari pukul 06.30 hingga pukul 18.00, mayoritas calon penumpang kereta api merupakan masyarakat luar kota Surabaya, yang melakukan perjalanan jauh dari daerah asal menuju Kota Surabaya (atau sebaliknya) untuk menuntut ilmu atau urusan pekerjaan. Persentase yang dihasilkan dari survey penumpang ini akan menjadi acuan penetapan jumlah pelaku *shifting* pada perhitungan nilai penurunan emisi GRK.

Tabel 4.6 menunjukkan hasil persentase dari jumlah penumpang terhadap kendaraan bermotor yang digunakan, besar persentase dari jenis kendaraan yang calon penumpang kereta berbeda beda. Untuk KA Dhoho persentase tertinggi menunjukkan penggunaan bus yaitu sebesar 50% sebagai sarana transportasi, sedangkan yang terendah adalah penggunaan mobil sebesar 18,75%. Persentase tertinggi pada calon penumpang KRD adalah pemanfaatan bus dan motor yaitu sebesar 40%, sisanya 20% adalah pengguna sepeda motor. Persentase calon penumpang KA Komuter tertinggi adalah pengguna sepeda motor yaitu sebesar 40%, sedangkan terendah adalah penggunaan mobil sebesar 21,25%. Untuk calon penumpang KA Tumapel persentase tertinggi menunjukkan penggunaan mobil sebesar 43,209% dan terendah adalah pengguna bus dengan persentase sebesar 24,701%. Terakhir

adalah persentase calon penumpang KA Penataran dengan persentase tertinggi adalah penggunaan kendaraan umum bus sebesar 50% dan yang terendah adalah pengguna kendaraan sepeda motor sebesar 34,185%. Tentu saja tidak semua koresponden melakukan *shifting*. Hasil survei menunjukkan bahwa persentase pelaku *shifting* untuk KA Dhoho, KRD, KA Komuter, KA Tumapel, KA Penataran masing masing 56,3%, 42,045%, 80,89%, 42,59%, 72,5%.

Selama 5 hari waktu observasi, tidak ditemukan adanya *shifting* pengiriman barang. Survei yang dilakukan terhadap calon pengirim barang tidak ditemukan adanya indikasi peralihan moda kendaraan. Pengiriman barang yang dilakukan melalui kereta api lokal Daop VIII Surabaya merupakan pengiriman barang yang bekerja sama dengan agen penerima jasa pengiriman yang memang sudah terikat kontrak sebelumnya dengan kereta api. Adapun mayoritas calon pengirim barang yang datang langsung ke stasiun untuk mengirim barang merupakan orang-orang yang sedari awal memanfaatkan jasa kereta api untuk mengirim barang, mereka adalah para pengusaha hewan ternak atau para penjual barang yang tidak bisa bertahan lama diperjalanan. Calon pengirim barang lainnya adalah orang-orang yang menginginkan pengiriman barang/paket dengan waktu yang cepat sampai pada hari yang sama, dan mereka tidak melakukan pengiriman secara konstan sehingga tidak dapat dikategorikan sebagai pelaku *shifting*. Secara keseluruhan dapat disimpulkan persentase *shifting* pada observasi/survei terhadap calon pengirim barang melalui kereta api

lokal Daop VIII Surabaya sangat kecil sehingga tidak dilakukan perhitungan dan pengolahan data tentang *shifting* pengiriman barang.

Untuk mengetahui besarnya pengurangan emisi dari aktivitas *shifting* kendaraan bermotor ke kereta api, dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang terdapat pada Laporan Pendahuluan Penyusunan Metode *Measurement, Reporting & Verification* / Perpres 71 tahun 2011 di Sektor Transportasi.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Pengurangan Emisi GRK

Nama KA	Emisi CO ₂ (ton)	Emisi CH ₄ setara (ton)	Emisi N ₂ O setara (ton)	Indikasi Pengurangan Emisi GRK (ton)
Dhoho	13.185,173	164,154	198,438	13.547,76
Komuter	380,827	4,681	5,647	391,150
Tumapel	736,072	8,919	10,709	755,700
Penataran	18,206	0,227	0,274	18,710
KRD	2.642,884	32,557	39,143	2.714,580
Total	16.963,161	210,537	254,210	17.427,910

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Grafik Hasil Perhitungan Indikasi Pengurangan Emisi CO₂e pada Gambar 4.2 memperlihatkan nilai penurunan emisi GRK yang dihasilkan dari adanya kegiatan *shifting* penumpang pada setiap kereta api. Nilai pengurangan emisi terbesar dihasilkan oleh aktivitas *shifting* penumpang Kereta Api Dhoho yaitu CO₂e sebesar 13.547,76 ton/tahun, sedangkan yang paling kecil dihasilkan oleh aktivitas *shifting* penumpang yang terjadi pada Kereta Api Penataran yaitu CO₂e 18,71 ton/tahun. Besarnya-kecilnya nilai pengurangan emisi GRK yang dihasilkan dari perhitungan setiap kereta api dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah jumlah penumpang kereta api, jarak

rel kereta api antar stasiun (asal-tujuan), serta jarak antar stasiun jika melalui jalan raya. Kereta Api Dhoho mempunyai jumlah penumpang paling besar diantara kereta api lain nya, yaitu sebesar 3.185.382 dengan jumlah pelaku *shifting* sebesar 1.791.777 orang. Rute perjalanan terpanjang juga di miliki oleh Kereta Api Dhoho yaitu sepanjang 149 Km, sehingga Kereta Api Dhoho menghasilkan nilai pengurangan emisi GRK paling besar.

Sisa hasil pembakaran bahan bakar minyak yang digunakan oleh kendaraan bermotor adalah sumber utama dari emisi CO₂ hal ini dibuktikan bahwa total emisi CO₂ paling dominan diantara parameter yang lainnya. Faktor emisi CO₂ oleh IPCC, 1996 yang paling tinggi pada tiap jenis kendaraan, sehingga mempengaruhi hasil perhitungan.

3.2 Proyeksi Nilai Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca

Proyeksi pengurangan emisi gas rumah kaca hingga tahun 2030 didapatkan dari rumus pengurangan emisi GRK sebelumnya yang diolah menggunakan data hasil proyeksi penumpang, dengan persentase *shifting* dianggap konstan.

Tabel 3.6 Proyeksi Nilai Pnurunan Emisi GRK 2015-2030 Keseluruhan

TAHUN	DHOHO (ton)	KOMUTER (ton)	TUMAPEL (ton)	PENATARAN (ton)	KRD (ton)	TOTAL (ton)
2015	13.547,764	391,155	755,699	18,707	2.714,584	17.427,908
2016	13.539,382	380,276	755,111	20,245	2.722,501	17.417,515
2017	13.669,816	380,720	764,031	21,966	2.739,261	17.575,804
2018	13.800,249	381,164	772,951	23,687	2.756,022	17.734,073
2019	13.930,682	381,608	781,871	25,409	2.772,782	17.892,352
2020	14.061,116	382,051	790,791	27,130	2.789,543	18.050,621
2021	14.191,549	382,495	799,711	28,851	2.806,303	18.208,863
2022	14.321,982	382,939	808,631	30,572	2.823,064	18.367,188
2023	14.498,505	383,382	817,551	32,294	2.839,824	18.571,556

TAHUN	DHOHO (ton)	KOMUTER (ton)	TUMAPEL (ton)	PENATARAN (ton)	KRD (ton)	TOTAL (ton)
2024	14.582,849	383,826	826,471	34,015	2.856,585	18.683,746
2025	14.713,283	384,270	835,391	35,736	2.874,058	18.842,737
2026	14.843,716	384,713	844,311	37,457	2.890,106	19.000,303
2027	14.974,149	385,157	853,231	39,189	2.906,866	19.158,592
2028	15.104,583	385,601	862,151	40,900	2.923,627	19.316,861
2029	15.235,016	385,571	871,070	42,621	2.940,387	19.474,666
2030	15.365,449	386,488	879,990	44,342	2.957,148	19.633,418

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Efektivitas *Shifting* Kendaraan pada tahun n terhadap tahun n₀

$$EF = \frac{19.633,418 - 17.427,908}{19.633,418} \cdot 100\% = 12,65\%$$

Efisiensi dari kegiatan *shifting* yang terjadi dengan menggunakan data penumpang tahun 2015 terhadap hasil proyeksi tahun 2030 sebesar 12,65%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kegiatan *shifting* yang ada pada aktifitas perkeretaapian lokal Daerah Operasi VIII Surabaya belum memenuhi target ditetapkan pada dokumen kaji ulang Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca bahwa Indonesia menargetkan penurunan emisi gas rumah kaca sebesar 29% pada tahun 2030. Pemerintah Daerah (Pemerintah Daerah Provinsi Jawa Timur, Pemerintah Kota Surabaya),

Dinas Perhubungan, serta PT Kereta Api Indonesia harus melakukan perbaikan dan pembenahan terhadap fasilitas kereta api serta penyederhanaan prosedur pembelian tiket guna menarik banyak masyarakat untuk beralih menggunakan kereta api sebagai sarana transportasi.

3.3 Skenario Permodelan Emisi GRK

Permodelan emisi GRK dilakukan dengan pengolahan data secara manual menggunakan rumus dasar Tier-1. Berdasarkan Metodologi Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca pada Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, penentuan Tier dalam inventarisasi GRK sangat ditentukan oleh ketersediaan data dan tingkat kemajuan suatu negara atau pabrik dalam hal penelitian untuk menyusun metodologi atau menentukan faktor emisi yang spesifik dan berlaku bagi negara/pabrik tersebut. Di Indonesia dan negara-negara non-Annex 1, sumber emisi sektor/kegiatan kunci pada inventarisasi GRK menggunakan Tier-1, yaitu berdasarkan data aktifitas dan faktor emisi default IPCC. Beberapa *software* serta metode tentang permodelan keluaran emisi dari sebuah perjalanan kereta api yang ada tidak dapat diaplikasikan untuk model perjalanan kereta api di Indonesia karena ada beberapa data yang tidak tersedia serta fitur yang tidak mendukung terkait rute perjalanan kereta api khususnya kereta api lokal Daop VIII Surabaya.

Lokomotif yang digunakan pada keseluruhan kereta api lokal Daop VIII Surabaya adalah lokomotif tipe CC201. Lokomotif CC 201 adalah lokomotif diesel elektrik milik PT Kereta Api Indonesia yang diproduksi oleh General Electric Transportation dengan jenis model U18C. Lokomotif ini mampu berlari sampai dengan kecepatan 120 km/jam, namun kecepatan kereta api maksimum yang diperbolehkan di Indonesia saat ini dibatasi maksimal 90 km/jam. Menurut data yang



didapat dari Dipo Lokomotif Daop IV Semarang, ketika mesin pada posisi *idle* (kendaraan berhenti namun mesin dalam keadaan menyala) lokomotif CC201 memerlukan 8,5 liter bahan bakar solar setiap jam nya dan untuk kebutuhan bahan bakar ketika berjalan sebesar 2,5 liter per km jarak tempuh. Total perhitungan emisi yang di hasilkan merupakan hasil pengolahan data menggunakan rumus Tier-1 dengan mengalikan total kebutuhan bahan bakar dalam satu kali perjalanan dengan faktor emisi yang telah ditetapkan. Kebutuhan bahan bakar lokomotif adalah total dari penggunaan bahan bakar mesin diesel lokomotif saat berjalan dan jumlah bahan bakar lokomotif ketika keadaan *idle*. Berikut adalah tabel ringkasan model emisi GRK kereta api lokal Daop VIII Surabaya. Perhitungan diterapkan pada 4 sampel kereta api yang mewakili nama-nama kereta api lokal Daop VIII Surabaya antara lain Kereta Komuter, Kereta Penataran, KRD, dan Kereta Dhoho.

Untuk perhitungan mesin pembangkit listrik/genset menggunakan angka kebutuhan bahan bakar spesifik genset kereta komuter sebesar 2,63 sedangkan kereta api ekonomi sebesar 3,63. Dengan menggunakan rumus yang sama yaitu Tier-1, total keluaran emisi GRK genset didapatkan dari pengalihan jumlah kebutuhan genset selama perjalanan dengan faktor emisi.

Tabel 3.7 Model Emisi GRK Kereta Komuter 296

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

SA	SP	JRK (km)	CO ₂ e Loko (kg)	CO ₂ e Genset (kg)	Total (kg)
Porong	Tanggulangin	3.579	28.335	4.578	32.912
Tanggulangin	Sidoarjo	5.562	42.255	3.527	45.782
Sidoarjo	Gedangan	7.83	59.141	5.283	64.423
Gedangan	Waru	4.028	30.834	3.169	34.001
Waru	Wonokromo	5.771	43.811	4.578	48.389
Wonokromo	Surabaya Gubeng	3.406	26.203	3.169	29.372
Surabaya Gubeng	Surabaya Kota	5.304	39.490	2.817	42.307
TOTAL		35.48	270.069	27.110	297.183



 : Total keluaran emisi GRK paling besar
 : Total keluaran emisi GRK paling kecil

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 3.7 menunjukkan besarnya emisi GRK pada setiap jarak yang di tempuh oleh Kereta Komuter 296 rute Porong-Surabaya Kota dengan panjang perjalanan 35,48 km. Emisi GRK terbesar yang dihasilkan tentu saja pada saat kereta menempuh jarak perjalanan terjauh, untuk Kereta Komuter jarak terjauh adalah perjalanan dari Stasiun Sidoarjo – Gedangan dengan panjang perjalanan 7,83 km yang ditempuh waktu 13 menit dan menghasilkan total emisi GRK CO₂e sebesar 64,423 kg. Perjalanan Kereta Komuter dari Stasiun Wonokromo-Surabaya Kota dengan jarak 3,406 km dan di tempuh dalam waktu 7 menit menghasilkan total emisi GRK paling kecil yaitu CO₂e sebesar 29,372 kg. Total keseluruhan emisi GRK yang dihasilkan Kereta Komuter 296 rute Porong-Surabaya Kota adalah sebesar 297,183 kg.

Tabel 3.8 Model Emisi GRK Kereta Api Penataran 467



SA	SP	JRK (km)	CO ₂ e Loko (kg)	CO ₂ e Genset (kg)	Total (kg)
Surabaya Gubeng	Wonokromo	3.406	26.203	8.751	34.954
Wonokromo	Waru	5.771	44.655	10.695	55.350
Waru	Gedangan	4.028	31.678	9.723	41.401
Gedangan	Sidoarjo	7.83	59.141	10.695	69.837
Sidoarjo	Tanggulangin	5.562	42.255	8.751	51.006
Tanggulangin	Porong	3.579	27.491	6.806	34.297
Porong	Bangil	12.387	95.601	20.419	116.029
Bangil	Lawang	31.114	235.875	46.671	282.546
Lawang	Singosari	8.058	60.839	12.640	73.479
Singosari	Blimbing	5.774	43.833	10.695	54.529
Blimbing	Malang	4.288	31.926	6.806	38.732
TOTAL		91.797	699.497	152.653	852.149

 : Total keluaran emisi GRK paling besar
 : Total keluaran emisi GRK paling kecil

Model emisi GRK yang ditunjukkan pada Tabel 3.8 memperlihatkan bahwa Kereta Api Penataran 467 dengan rute perjalanan Surabaya Gubeng-Malang dengan panjang perjalanan 91,8 km menghasilkan total keluaran emisi GRK CO₂e sebesar 852,15 kg. Total emisi GRK terbesar dihasilkan Kereta Api Penataran 467 pada saat menempuh perjalanan dari Stasiun Bangil ke Stasiun Lawang dengan jarak 31,114 km dengan waktu perjalanan selama 38 menit sebesar 282,546 kg. Total emisi GRK CO₂e terkecil 34,297 kg dihasilkan dari perjalanan kereta dari Stasiun Tanggulangin ke Stasiun Porong yang berjarak 3,579 km dan ditempuh dalam waktu 5 menit

Tabel 3.9 Model Emisi GRK KRD 473

SA	SP	JRK (km)	CO ₂ e Loko (kg)	CO ₂ e Genset (kg)	Total (kg)
Surabaya Pasar Turi	Tandes	5.35	40.677	12.473	53.150
Tandes	Kandangan	3.283	25.287	7.937	33.224
Kandangan	Benowo	5.139	39.106	9.071	48.177
Benowo	Cerme	5.237	39.835	9.071	48.907
Cerme	Duduk	9.767	73.563	13.607	87.170
Duduk	Lamongan	12.223	91.849	14.741	106.590
Lamongan	Surabayan	7.319	54.493	6.803	61.296
Surabayan	Pucuk	9.564	72.052	12.473	84.525
Pucuk	Gembong	5.262	39.178	5.670	44.847
Gembong	Babat	6.056	45.933	9.071	55.004
Babat	Bowerno	8.948	67.465	12.473	79.938
Bowerno	Sumberrejo	12.197	91.655	14.741	106.396
Sumberrejo	Kapas	7.956	60.079	11.339	71.418
Kapas	Bojonegoro	6.501	48.402	7.937	56.340
TOTAL		104.802	789.574	147.408	936.964

 : Total keluaran emisi GRK paling besar
 : Total keluaran emisi GRK paling kecil


Sumber: Hasil Perhitungan, 2016


Kereta KRD 473 dengan rute perjalanan Stasiun Surabaya Pasar Turi–Stasiun Bojonegoro berjarak 109,3 km menghasilkan total emisi GRK CO₂e sebesar 936,964 kg. Emisi GRK yang dihasilkan paling besar Kereta KRD 473 saat menempuh perjalanan selama 11 menit dari Stasiun Duduk ke Stasiun Lamongan dengan jarak 12,223 km yaitu CO₂e sebesar

106,590 kg. Total emisi GRK terkecil CO₂ sebesar 33,224 kg dihasilkan Kereta KRD 473 pada perjalanan dari Stasiun Tendes menuju Stasiun Kendangan dengan jarak tempuh 3,285 km. Model Emisi GRK Kereta KRD 473 disajikan pada Tabel 3.9.

Tabel 3.10 Model Emisi GRK Kereta Api Dhoho 441

SA	SP	JRK (km)	CO ₂ e Loko (kg)	CO ₂ e Genset (kg)	Total (kg)
Blitar	Rejotangan	13.076	101.997	28.348	130.345
Rejotangan	Ngunut	7.89	59.588	12.473	72.061
Ngunut	Sumber Gempol	7.777	58.747	12.473	71.220
Sumbergempol	Tulungagung	5.182	39.848	11.339	51.187
Tulungagung	Kras	14.159	107.951	23.812	131.763
Kras	Ngadiluwih	6.342	50.172	18.143	68.315
Ngadiluwih	Kediri	9.545	76.551	29.482	106.033
Kediri	Papar	15.471	116.031	26.080	142.111
Papar	Purwosari	5.992	45.457	9.071	54.528
TOTAL		85.434	656.341	171.220	827.561

 : Total keluaran emisi GRK paling besar

 : Total keluaran emisi GRK paling kecil

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Hasil perhitungan model keluaran emisi GRK yang dapat dilihat pada Tabel 3.10 menunjukkan bahwa Kereta Api Dhoho dengan nomor kereta 441 menempuh perjalanan sepanjang 85,43 km dari Stasiun Blitar ke Stasiun Purwosari menghasilkan total emisi GRK CO₂ sebesar 827,561 kg. Total emisi GRK terbesar yang dihasilkan berasal dari perjalanan kereta api dari Stasiun Kediri menuju Stasiun Papar dengan jarak tempuh 15,471 km dengan lama perjalanan 21 menit yaitu CO₂ sebesar 142,111 kg. Untuk total emisi GRK terkecil yang dihasilkan dari Kereta Api Dhoho 441 pada saat menempuh perjalanan dari Stasiun Sumbergempol menuju Stasiun Tulungagung dengan jarak 5,182 km dan lama perjalanan 7 menit yaitu CO₂ sebesar 51,187 kg

3. KESIMPULAN

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

1. Berdasarkan survei dan perhitungan, besar pengurangan emisi gas rumah kaca (CO₂, CH₄, dan N₂O) dari aktivitas *shifting* penggunaan moda kendaraan bermotor ke kereta api yang terjadi pada kegiatan perkereta apian lokal Daop VIII Surabaya dengan jumlah CO₂e sebesar 17.427,91 ton/tahun.

2. Hasil survei yang telah dilakukan selama 5 hari tidak ditemukan adanya aktivitas *shifting* dari kegiatan pengiriman barang melalui jasa pengiriman barang kereta api lokal Daop VIII Surabaya. Sehingga dapat disimpulkan persentase *shifting* pada observasi/survei terhadap calon pengirim barang melalui kereta api lokal Daop VIII Surabaya sangat kecil sehingga tidak dilakukan perhitungan dan pengolahan data tentang *shifting* pengiriman barang.

3. Perhitungan proyeksi besar pengurangan emisi gas rumah kaca (CO₂, CH₄, dan N₂O) yang dihasilkan dari *shifting* penggunaan moda kendaraan bermotor ke kereta api lokal Daop VIII Surabaya pada tahun 2030 CO₂ sebesar 19.633,418 ton/tahun. Peningkatan jumlah penurunan emisi GRK pada tahun 2030 sebesar 12,65% dari hasil perhitungan pada tahun penelitian. Persentase tersebut masih belum memenuhi target pengurangan emisi GRK pada dokumen kaji ulang Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca yang menargetkan adanya pengurangan emisi GRK sebesar 29% pada tahun 2030.

4. Berdasarkan skenario permodelan emisi GRK pada 4 sampel kereta api lokal Daop VIII Surabaya dengan rute perjalanan yang berbeda menghasilkan besar emisi GRK dengan jumlah CO₂ dalam satu kali perjalanan untuk Kereta Komuter sebesar 297,183 kg, Kereta Api Penataran sebesar 852,15 kg, KRD sebesar 936,964 kg, dan yang terakhir Kereta Api Dhoho sebesar 827,561 kg.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Rukaesih. 2004. Kimia Lingkungan. Andi Yogyakarta : Yogyakarta.
- Anonim. 1999. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara*.
- Anonim. 2006. *Peaturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama*.
- Anonim. 2007. *Undang-undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Anonim. 2009. *Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Anonim. 2011. *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca*.
- Anonim. 2011. *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional*.
- Anonim. 2013. *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 15 Tahun 2013 tentang Pengukuran, Pelaporan, dan Verifikasi Aksi Mitigasi Perubahan Iklim*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- Ariani, M., dan Setyanto, P. 2007. *Pengaruh Pemberian Jerami dan Pupuk Kandang terhadap Emisi N₂O dan Hasil Padi pada Sistem Integrasi Tanaman Ternak*. Jurnal. Balai Penelitian Lingkungan Pertanian.
- Badan Pusat Statistik. 2013. *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis Tahun 1987-2011*, http://www.bps.go.id/tab_sub/vi ew.php?tabel=1&id_subyek=17 &otab=12, diakses pada tanggal 12 Agustus 2016.
- Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi. 2015. *Komoditas dan Pemasaran Bahan Bakar Minyak*. www.bphmigas.go.id. Diakses pada 15 Desember 2016.
- Cooper, C.D., dan Alley, F.C. 1994. *Air Pollution Control A Design Approach 2nd Edition*. Illinois: Maveland Press Inc.
- Dara, R. 2015. *Forecasting Lalu Lintas Penumpang Dan Perencanaan Terminal*

- Building Bandar Udara Tjilik Riwut Kota Palangka Raya 20 Tahun yang Akan Datang*. Palangkaraya: Universitas Muhammadiyah Palangkaraya
- Faradina, A. 2012. *Pengaruh Kelembaban, Suhu, Arah, Dan Kecepatan Angin Terhadap Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) Dengan Membandingkan Dua Volume Sumber Pencemar Di Area Pabrik Dan Di Persimpangan Jalan (Studi Kasus: PT.Inti General Yaja Steel Dan Persimpangan Jragung, Semarang*. Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro. Semarang.
- Godhish, T. 2004. *Air Quality 4th Edition, Atmospheric Pollution and Pollutants*, Chapter 2 pages 31-33 and 49-50, Lewis Publisher
- Laksono, B.A., dan Damayanti, A. 2014. *Analisis Kecukupan Jumlah Vegetasi dalam Menyerap Karbon Monoksida (Co) dari Aktivitas Kendaraan Bermotor di Jalan Ahmad Yani Surabaya*. Surabaya: Institut Sepuluh Nopember.
- IPCC. 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Volume 2 : Energy.
- Isaac, S., & Michael, W. B. 1981. *Handbook in Research and Evaluation*. San Diego: Wiley Periodicals, Inc., A Wiley Company.
- Ismayanti, R.I., Rahmat, B., dan Abdu F.A. 2011. *Kajian Emisi CO₂ Menggunakan Persamaan Mobile 6 Dan Mobile Combustion Dari Sektor Transportasi Di Kota Surabaya*. Surabaya: Teknik Lingkungan Institut Sepuluh Nopember
- JICA, 2004. *Study of Integrated Transportation Master Plan For Jabodetabek(SITRAMP Phase II)*.
- Tim Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2012. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional*. Jakarta: Kementrian Lingkungan Hidup.
- Tim Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2012. *Kajian Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Transportasi*. Jakarta : Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Tim Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2013. *Pedoman Teknis Penyusunan Inventarisasi Emisi Pencemar Udara di Perkotaan*. Jakarta: Kementrian Lingkungan Hidup.
- Tim Kementrian Perhubungan. 2016. *Laporan Pendahuluan Penyusunan Metodologi Measurement, Reporting & Verification (MRV) / Perpres 71 Tahun 2011 di Sektor Transportasi*. Jakarta: Pusat Pengelolaan Transportasi Berkelanjutan Sekertariat Jendral Kementrian Perhubungan.
- Manahan, S.E. 1994. *Environmental Chemistry 6th edition*. USA: Lewis Publisher
- 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, C. P. 2015. *Inventarisasi Emisi Sumber Bergerak di Jalan (On Road) Kota Denpasar.* Tesis. Magister Ilmu Lingkungan. Universitas Udayana.
- Rahmawati, 2009. *Analisis Penerapan Kebijakan Pengendalian Pencemaran Udara dari Kendaraan Bermotor Berdasarkan Estimasi Beban Emisi (Studi Kasus : DKI Jakarta)* (Tesis Magister). Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Institut Pertanian Bogor.
- Rencana Induk Perkeretaapian Nasional. 2011. Jakarta Pusat: Kementerian Perhubungan
- Rukaesih, A. 2004. *Kimia Lingkungan.* Andi Yogyakarta : Yogyakarta.
- 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.
- Soedomo, Moestikahadi. 2001. *Pencemaran Udara.* Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sudarman, 2010. *Meminimalkan Daya Dukung Sampah Terhadap Pemanasan Global.* Semarang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Tiarani, V.L.,. 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