



## UJI COBA ESTIMASI EMISI KENDARAAN BERMOTOR YANG BEROPERASI DI KOTA SEMARANG BERDASARKAN UMUR DAN JENIS KENDARAAN DENGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK LEAP

Rengga Pramadyaksa Bachtera<sup>\*)</sup>, Haryono Setiyo Huboyo<sup>\*\*)</sup>, Budi Prasetyo Samadikun<sup>\*\*)</sup>

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

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

email: Revram26@gmail.com

### Abstrak

Kendaraan bermotor yang terdapat di kota Semarang Berpotensi menyebabkan emisi gas rumah kaca yang akan menimbulkan efek pemanasan global CO<sub>2</sub> akibat dari umur dan jenis kendaraan. Pembakaran sempurna mesin kendaraan Sektor transportasi mempunyai ketergantungan yang tinggi terhadap sumber energi. Seperti diketahui penggunaan energi inilah yang terutama menimbulkan dampak terhadap lingkungan. Hampir semua produk energi konvensional yang digunakan dalam sektor transportasi masih menyebabkan dikeluarkannya emisi pencemar ke udara. Penggunaan BBM bensin dalam kendaraan akan selalu mengeluarkan senyawa seperti CO, THC, TSP (debu), NO<sub>x</sub> dan SO<sub>x</sub>. Umur dan jenis kendaraan merupakan faktor yang mempengaruhi jumlah emisi yang dikeluarkan oleh suatu kendaraan. Dari pola jarak tempuh kendaraan tersebut. Pada penelitian ini, untuk mengetahui umur kendaraan di Kota Semarang menggunakan kuesioner dan wawancara guna mengetahui rincian dari jarak tempuh kendaraan, jenis beserta tahun pembuatannya. Hasil dari estimasi emisi gas rumah kaca menunjukkan hasil CO<sub>2</sub> terbesar yaitu pada jenis kendaraan sepeda motor yaitu sebesar 833.528,81 ton/tahun sedangkan CO<sub>2</sub> terendah yaitu pada kendaraan truk yaitu sebesar 473.140,08 ton/tahun. Untuk hasil proyeksi gas rumah kaca dengan menggunakan perangkat lunak LEAP di akhir tahun perencanaan memiliki hasil CO terbesar yaitu 320,82 juta ton/tahun oleh kendaraan mobil penumpang premium

**Kata kunci:** Faktor Emisi, Emisi Kendaraan, Gas Rumah Kaca, Jenis Kendaraan

### Abstract

[Estimated Emission of Motorized Vehicles Operating in Semarang City Based on Age and Types of Vehicles by Using The Leap Software]. The motor vehicle found in Semarang potential cause greenhouse gas emissions house stock potentially CO<sub>2</sub> causing global warming effects of age and due vehicles perfect combustion engine vehicle transport sector has a high dependence on the energy resources. As is known use Above This energy raises Environmental Impact. Almost all conventional energy products which are used hearts transportation sector still led to the emission of pollutants into air stock. utilization of petrol fuel vehicle hearts will always secrete compounds such as CO, THC, TSP (dust), NO<sub>x</sub> and Sox. Age and type of vehicle is a factor that affects the amount of emissions issued by the vehicle. From the vehicle mileage pattern. In this study, to determine the age of vehicles in the city of Semarang by using questionnaires and interviews to find out the details of vehicle mileage, type and year of manufacture. The result of greenhouse gas emission estimation shows the biggest CO<sub>2</sub> result that is on motor vehicle type is 833,528,81 ton / year whereas the lowest CO<sub>2</sub> is on truck that is equal to 473,140,08 ton / year. For greenhouse gases projected to use LEAP software at the end of the planning year it has the largest CO<sub>2</sub> production of 320.82 million tonnes / year by premium passenger car vehicles.

**Keywords:** Emission Factors, Vehicle Emissions, Greenhouse Gases, Vehicle Type

## PENDAHULUAN

Pada umumnya, sektor transportasi memegang peran yang sangat besar dibanding dengan sektor yang lainnya. Di kota-kota besar, kontribusi gas buang kendaraan bermotor sebagai sumber polusi udara mencapai 60-70%, sementara, kontribusi gas buang dari cerobong asap industri hanya berkisar 10-15%, dan sisanya berasal dari sumber pembakaran lain; misalnya rumah tangga, pembakaran sampah, kebakaran hutan, dan lain-lain (BPLHD DKI Jakarta, 2013).

Sektor transportasi mempunyai ketergantungan yang tinggi terhadap sumber energi. Seperti diketahui penggunaan energi inilah yang terutama menimbulkan dampak terhadap lingkungan. Hampir semua produk energi konvensional yang digunakan dalam sektor transportasi masih menyebabkan dikeluarkannya emisi pencemar ke udara. Penggunaan BBM bensin dalam kendaraan akan selalu mengeluarkan senyawa seperti CO, THC, TSP (debu), NOx dan Sox.

Jenis kendaraan yang digunakan sebagai alat transportasi merupakan bagian didalam sistem transportasi yang akan memberikan dampak terhadap lingkungan fisik dan biologi akibat emisi pencemar udara dan kebisingan. Kedua jenis pencemar ini sangat ditentukan oleh jenis dan kinerja mesin penggerak yang digunakan. Persyaratan pengendalian pencemaran seperti yang diterapkan di Amerika Serikat telah terbukti membawa perubahan – perubahan besar dalam perencanaan mesin kendaraan bermotor. Tingkat emisi pencemar dari kendaraan bermotor tidak saja bergantung dari jenis mesin dan proses pembakaran yang diterapkan, tetapi dalam kenyataannya ditentukan pula oleh, pola berhenti-jalan dan pola berkendara dari umur mesin sendiri. (Soedomo, 1999).

Menurut Lestari dan Adolf (2008), Jenis kendaraan terbagi kedalam empat klasifikasi utama, yaitu :

1. Kendaraan penumpang, terdiri dari sedan, minibus dan *jeep*
2. Angkutan ringan, terdiri dari *pickup*, mikrolet, mikrobus
3. Angkutan berat, terdiri dari bus dan truk
4. Sepeda motor

Menurut Soedomo 1999, salah satu faktor dominan pengaruh sektor transportasi terhadap pencemaran udara perkotaan di Indonesia adalah

Jenis, umur dan karakteristik kendaraan bermotor. Disamping faktor – faktor yang menentukan intensitas emisi pencemar sumber seperti diatas adalah faktor potensi dispersi atmosfer daerah perkotaan yang akan sangat tergantung kepada kondisi dan perilaku meteorologi.

Umur mesin berpengaruh terhadap konsentrasi emisi CO yang dihasilkan. Semakin tua umur mesin sepeda motor maka konsentrasi emisi CO yang dihasilkan semakin besar. Hal ini disebabkan oleh komponen – komponen mesin (yang berperan penting dalam proses pembakaran) telah banyak mengalami proses keausan selain itu, banyak kotoran – kotoran yang menempel di saringan udara. (Muziansyah, 2015)

selain umur dan jenis kendaraan, jarak tempuh juga berpengaruh terhadap emisi yang ditimbulkan. yaitu semakin jauh jarak tempuh, maka emisi hidrokarbon yang dihasilkan juga akan semakin tinggi, hal tersebut juga sejalan dengan meningkatnya konsentrasi emisi CO.

## METODOLOGI PENELITIAN

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan selama 30 hari yaitu pada tanggal 1 November 2016 – 30 November 2016 dengan mengambil data – data primer seperti survei kuesioner serta pengambilan data sekunder di beberapa instansi terkait pada setiap kecamatan di kota Semarang untuk menghitung besaran emisi kendaraan di Kota Semarang.

### Analisis Data

Metode yang digunakan yaitu metode menggunakan faktor emisi dan proyeksi emisi dengan menggunakan perangkat lunak *LEAP* dengan cara :

#### 1. Mengklasifikasikan Data Kendaraan

Untuk memudahkan analisis emisi yang akan digunakan dalam perangkat lunak *LEAP*, data yang didapat terlebih dahulu ditentukan jenis kendaraannya :

- a. Data kendaraan dibedakan berdasarkan lima klasifikasi utama, yaitu mobil penumpang berbahan bakar bensin, mobil penumpang berbahan bakar solar, motor, bus dan truk.
- b. Data kendaraan dibedakan berdasarkan tahun pembuatan kendaraan serta menentukan prosentase kendaraan berdasarkan tahun pembuatannya.

## 2. Menghitung Emisi Kendaraan Bermotor

Ketika semua data yang diperlukan untuk perhitungan telah dikumpulkan, kemudian dilakukan perhitungan. Hasil perhitungan akan menampilkan beban emisi untuk setiap kategori kendaraan pada setiap ruas jalan.

### A. Metode Faktor Emisi

Metode faktor emisi yang digunakan merupakan ketentuan dari peraturan menteri negara lingkungan hidup no 12 tahun 2010, metode ini berbasis (*vehicle kilometer traveled*-VKT atau panjang perjalanan rerata kendaraan per tahun). Istilah VKT dimaksudkan untuk mengetahui besar kilometer tempuh kendaraan dalam satuan waktu tertentu (hari/minggu/bulan/tahun). Tingkat aktivitas dinyatakan sebagai panjang perjalanan seluruh kendaraan bermotor. Sehingga formula perhitungan beban pencemar dari kendaraan bermotor menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup (2010) adalah sebagai berikut :

$$E_a = \sum_{b=1, c=1}^{n, m} (VKT_{b,c} \times FE_{a,b,c} \times 10^{-6})$$

Dimana :

$E_a$  = Beban pencemar untuk polutan  $a$  (ton/tahun)

$VKT_{b,c}$  = total panjang perjalanan tahunan kendaraan bermotor kategori  $b$  yang menggunakan bahan bakar jenis  $c$  (km/tahun)

$FE_{a,b,c}$  = besarnya polutan  $a$  yang diemisikan untuk setiap [kilometer] perjalanan

yang dilakukan kendaraan bermotor kategori  $b$  yang menggunakan

bahan bakar jenis  $c$  (g/km) atau disebut juga faktor emisi

Untuk saat ini hingga ditetapkan lain, faktor emisi mengacu pada faktor emisi nasional (Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 12/2010 tentang Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah) dengan ketentuan sebagai berikut :

**Tabel 1 Faktor Emisi Kendaraan Bermotor Di Indonesia**

	TSP (g/km)	NOx (g/km)	SO2 (g/km)	HC (g/km)	CO (g/km)	CO2 (g/kg)	CH4 (g/km)	N2O (g/km)
Sepeda Motor	0,24	0,29	0,008	5,9	14	3.180	0,26	0,002
Mobil Penumpang Premium	0,01	2	0,026	4	40	3.180	0,07	0,005
Mobil Penumpang Solar	0,53	3,5	0,44	0,2	2,8	3.172	0,01	0,014
Bus	1,4	11,9	0,93	1,3	11	3.172	0,06	0,031
Truk	1,4	17,7	0,82	1,8	8,4	3.172	0,01	0,031

### B. Metode Perangkat Lunak LEAP

LEAP adalah alat pemodelan dengan skenario terpadu yang berbasis pada lingkungan dan energi. Dalam penelitian ini LEAP digunakan untuk menghitung emisi dan juga memproyeksikan emisi hingga beberapa tahun mendatang.

LEAP memiliki fitur yang dirancang untuk membuat dan menciptakan skenario, mengelola dan mendokumentasikan data dan asumsi, serta melihat laporan hasil dengan mudah dan fleksibel. Sebagai contoh, struktur data utama LEAP secara intuitif ditampilkan sebagai hirarki "pohon" (tree) yang dapat diedit dengan "menyeret dan menjatuhkan" (*drag and drop*) atau copy dan paste setiap "cabang" (*branch*) yang ada. Langkah perhitungan dengan metode perangkat lunak LEAP adalah sebagai berikut:

#### 1. Menentukan Parameter Dasar (*Basic Parameter*)

Langkah pertama dalam simulasi adalah mengatur dan menentukan parameter dasar simulasi. Di dalam parameter dasar, lingkup kerja ditentukan yaitu hanya pada analisis permintaan (*demand*). Kemudian menentukan tahun dasar simulasi. Dalam penelitian ini yang digunakan sebagai tahun dasar adalah tahun 2015. Alasannya adalah data yang diperoleh sudah pasti dan data pemakaian BBM tidak ada untuk tahun 2016 saat penulisan tugas akhir ini dibuat. Setelah itu menentukan batas akhir periode simulasi yaitu tahun 2030. Yang terakhir adalah menentukan unit satuan yang digunakan seperti unit energi, unit panjang, massa dan mata uang.

#### 2. Perhitungan *Input Data*

Setelah semua data sudah diklasifikasikan dan *basic parameter* telah diatur, langkah selanjutnya adalah menghitung intensitas pemakaian BBM, pertumbuhan

intensitas pemakaian BBM, serta pertumbuhan pengguna BBM. ketiga data tersebut dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut:

**a. Menghitung intensitas Pemakaian BBM per unit**

$$IP_a = \frac{\text{Pemakaian BBM } n \text{ (KL)}}{\text{Pengguna BBM } a,n \text{ (Unit)}}$$

Dimana :

$IP_a$  = Intensitas Pemakaian BBM per tahun kendaraan jenis a

Pemakaian BBM n = Pemakaian BBM di tahun n (KL)

Pengguna BBM a,n = jumlah kendaraan jenis a di tahun n (unit)

**b. Menghitung pertumbuhan Intensitas Pemakaian BBM dengan rumus :**

$$Y_{a,n} = \frac{X \text{ tahun berlaku} - X \text{ tahun sebelumnya (KL)}}{X \text{ tahun sebelumnya}} \times 100\%$$

Dimana :

$Y_{a,n}$  = Pertumbuhan kendaraan jenis a ditahun n

x = Pengguna BBM kendaraan jenis a di tahun n

**c. Menghitung pertumbuhan Pengguna BBM dengan rumus :**

$$Z_{a,n} = \frac{IP \text{ tahun berlaku} - IP \text{ tahun sebelumnya BBM (KL)}}{IP \text{ tahun sebelumnya}} \times 100\%$$

Dimana :

$Z_{a,n}$  = Pertumbuhan intensitas pemakaian BBM

IP = Intensitas pemakaian BBM kendaraan jenis a di tahun n

**4. Metode Simulasi**

Untuk melakukan simulasi menggunakan LEAP perlu melihat kembali data yang dimiliki. Algoritma LEAP yang memiliki fleksibilitas tinggi akan memberi keleluasaan bagi pengguna dalam melakukan simulasi. Metode yang digunakan dalam simulasi ini berdasar pada final fuel demand analysis atau bias dikategorikan model *end use*. Kemudian hasil dari *final fuel demand* akan dikaitkan dengan aksi mitigasi yang telah dilakukan dengan mengacu pada nilai *environmental loading* yang ada (Suhono, 2010).

**3. Membuat Key Assumption**

*Key Assumptions* merupakan bagian dari cabang (*branch*) yang berfungsi sebagai variabel penggerak. icon dari *key assumptions* memiliki icon biru bertuliskan huruf K. Asumsi yang digunakan sebagai kunci adalah intensitas energi dan unit kendaraan bermotor untuk masing-masing jenis kendaraan, misalnya pengguna BBM dan intensitas pemakaian BBM.

**4. Membuat Skenario**

Setelah semua data - data telah di masukkan ke dalam *key assumptions*, langkah selanjutnya adalah membuat skenario untuk digunakan. Skenario juga bertindak sebagai profil pada perencanaan emisi. pada penelitian ini skenario yang digunakan adalah skenario BAU (*Business As Usual*) dimana skenario ini memproyeksikan tanpa adanya kebijakan tertentu sehingga skenario ini mengkalkulasi berdasarkan laju pertumbuhan normal dari laju pertumbuhan tahun sebelumnya.

**5. Melihat Hasil**

Setelah membuat skenario, dapat ditampilkan hasil simulasi kebutuhan bahan bakar jenis bensin dan solar di Indonesia. Caranya adalah dengan menyorot menu *Results* pada menu *View*, maka dapat terlihat proyeksi kebutuhan bahan bakar di Indonesia mulai tahun 2015 sampai 2030.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**1. Estimasi Beban Emisi Menggunakan Faktor Emisi**

Untuk Parameter TSP, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, HC, CO, CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O faktor emisinya menggunakan satuan g/km, sehingga dapat langsung dikalikan dengan VKT kendaraan. Sebagai contoh, Berikut ini merupakan perhitungan emisi CO pada kendaraan ber jenis sepeda motor berbahan bakar bensin dengan tahun pembuatan 2016 :

$$\text{Emisi} = \sum (\text{VKT Jenis Kendaraan} \times \text{FE} \times 10^{-6}) \times \text{jumlah kendaraan}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \text{Emisi TSP} &= ( 16.749 \text{ km/tahun} \times 0,24 \\ &\quad \times 10^{-6}) \times 886.420 \\ &= (4019,76 \text{ g/tahun} \times 10^{-6}) \times 886.420 \end{aligned}$$

= 3.563 ton/tahun

Sedangkan khusus untuk parameter CO<sub>2</sub> Perhitungannya berdasarkan pada data konsumsi atau penjualan bahan bakar bensin dan solar di Kota Semarang dalam satu tahun. Berikut adalah tabel konsumsi bahan bakar bensin dan solar di Kota Semarang

**Tabel 2 Data Konsumsi Bahan Bakar Kota Semarang**

Konsumsi BBM (KL/Tahun)		
Tahun	Bensin	Solar
2012	334136	166235
2013	354926	169172
2014	372590	187495
2015	397252	198257
2016	413353	211100

karena faktor emisi CO<sub>2</sub> menggunakan satuan g/kg maka ,untuk menghitung emisi dalam ton/tahun harus dikalikan dahulu dengan densitas bahan bakar tersebut (kg/L), dan kemudian dikalikan dengan konsumsi bahan bakar (KL/tahun). Hasil akhir satuan menjadi g/tahun, kemudian harus dibagi dengan 10<sup>6</sup> agar menjadi ton/tahun.

Densitas untuk Bensin pada 15°C adalah 0,7 kg/L dan solar 0,8 kg/L (Kalghatgi, 2014). Contoh untuk emisi CO<sub>2</sub> pada kendaraan sepeda motor tahun 2016:

$$E = \frac{\text{Konsumsi BBM (KL/Tahun)} \times \text{Densitas BBM (Kg/L)} \times \text{Faktor Emisi}}{10^6}$$

$$E = \frac{(413.353 \text{ KL/tahun} \times 700 \text{ kg/KL} \times 3.180 \text{ g/kg})}{10^6}$$

$$E = 920.123,778 \text{ ton/tahun}$$

Hasil perhitungan emisi tiap kendaraan per unit secara keseluruhan dapat dilihat pada lampiran. Berdasarkan hasil perhitungan emisi yang dilakukan didapat hasil besaran pencemar dari kendaraan bermotor yang beroperasi di Kota Semarang, yang dapat dilihat pada tabel 3 dan 4

## A. Emisi Gas Konvensional

**Tabel 3 Hasil Emisi Gas Konvensional oleh Metode Faktor Emisi**

Kendaraan	Sumber Pencemar				
	TSP (ton/tahun)	NOx (ton/tahun)	SO2 (ton/tahun)	HC (ton/tahun)	CO (ton/tahun)
Sepeda Motor	3563,1	4305,4	118,8	87593,0	207847,9
Mobil Penumpang Bensin	52,1	52,1	135,5	20848,1	208481,1
Mobil Penumpang Solar	1198,4	7914,2	994,9	452,2	6331,4
Bus	229,3	229,3	152,3	213,0	1801,9
Truk	2162,1	27334,6	1266,3	2779,8	12972,4

Sumber : Analisis Penulis, 2016

## B. Emisi Gas Rumah Kaca (GRK)

**Tabel 4 Hasil Emisi Gas Konvensional oleh Metode Faktor Emisi**

Kendaraan	Sumber Pencemar		
	CO2 (ton/tahun)	CH4 (ton/tahun)	N2O (ton/tahun)
Sepeda Motor	743786,7	3860,0	29,7
Mobil Penumpang Bensin	743786,7	364,8	26,1
Mobil Penumpang Solar	421837,9	22,6	31,7
Bus	421837,9	9,8	5,1
Truk	421837,9	15,4	47,9

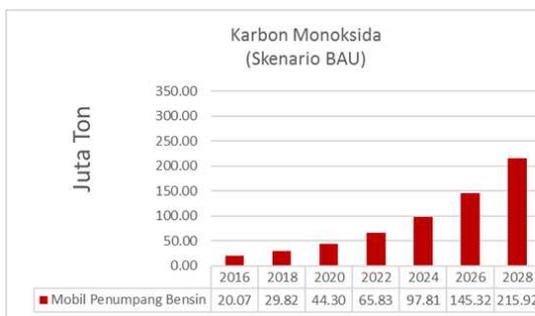
Sumber : Analisis Penulis, 2016

## 2. Emisi Menggunakan Menggunakan Perangkat Lunak LEAP

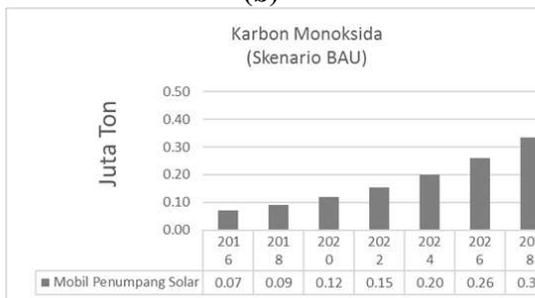
### A. Proyeksi CO (Karbon Monoksida)



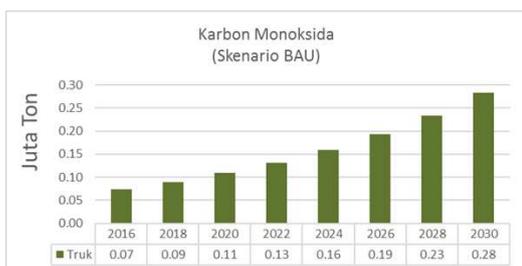
(a)



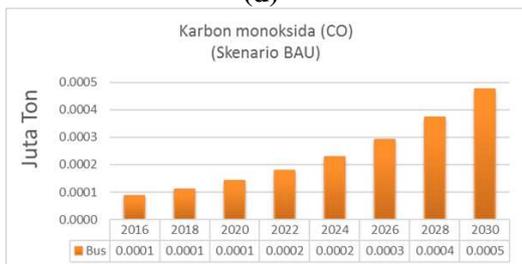
(b)



(c)



(d)



(e)

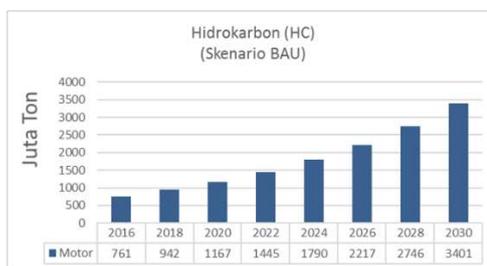
**Gambar 1 Hasil Proyeksi Emisi CO Kendaraan**

Sumber : Analisis Penulis, 2016

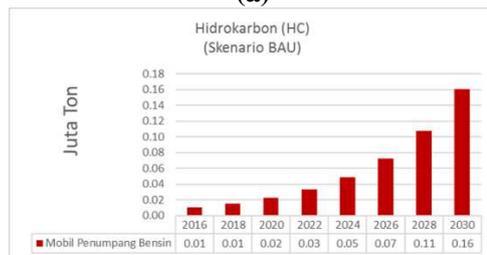
Gambar 1 menggunakan skenario BAU, yaitu skenario laju pertumbuhan normal yang memproyeksikan laju pertumbuhan kendaraan normal (tanpa ada kebijakan). Dari gambar 1 terlihat bar terpanjang adalah bar dari jenis kendaraan sepeda motor, hal ini berarti kendaraan motor masih mendominasi emisi yaitu sebesar 15.227,25 juta ton CO di tahun

2016 dan meningkat menjadi 68.067,01 juta ton pada tahun 2030, sedangkan di urutan kedua ditempati oleh mobil penumpang berbahan bakar Bensin yaitu sebesar 20,06 juta ton pada tahun 2016 dan 320,82 juta ton pada tahun 2030 setelah itu disusul oleh mobil penumpang solar yaitu sebesar 0,07 juta ton pada tahun 2016 dan 0,43 juta ton pada tahun akhir perencanaan (2030).

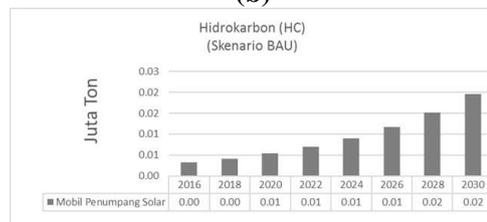
**A. Proyeksi HC (Hidrokarbon)**



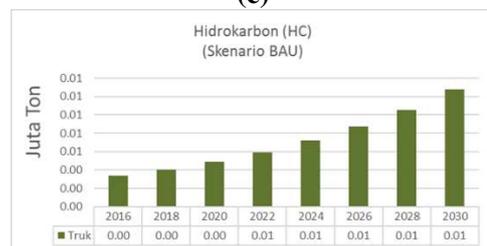
(a)



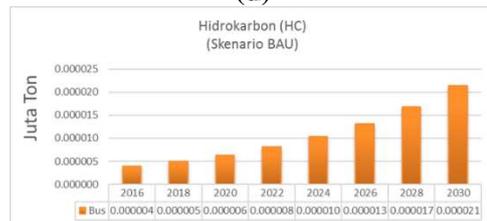
(b)



(c)



(d)



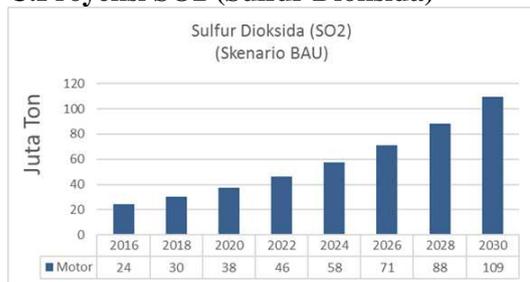
(e)

**Gambar 2 Hasil Proyeksi Emisi HC Kendaraan**

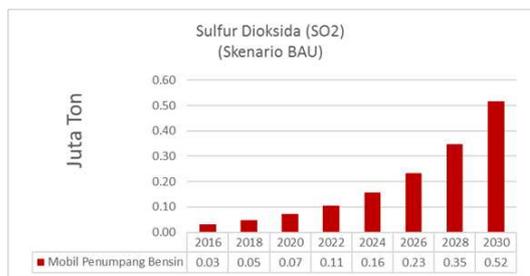
Sumber : Analisis Penulis, 2016

Gambar 2 menggunakan skenario BAU, yaitu skenario laju pertumbuhan yang memproyeksikan laju pertumbuhan kendaraan dari jumlah kendaraan pada tahun sebelumnya. Dari gambar 2 terlihat bahwa kendaraan motor masih mendominasi emisi yaitu sebesar 761 juta ton HC di tahun 2016 dan meningkat menjadi 3.401 juta ton pada tahun 2030, sedangkan di urutan kedua ditempati oleh mobil penumpang berbahan bakar Bensin yaitu sebesar 10.026,16 ton pada tahun 2016 dan 16.0282,02 juta ton pada tahun 2030 setelah itu disusul oleh mobil penumpang solar yaitu sebesar 3.191,10 ton pada tahun 2016 dan 19.537,96 ton pada tahun akhir perencanaan (2030). mempengaruhi hasil emisi adalah jumlah kendaraan. Hal tersebut juga terjadi dalam penelitian ini, dimana emisi yang dihasilkan selalu didominasi sepeda motor dikarenakan jumlah sepeda motor lebih banyak dari kendaraan lainnya.

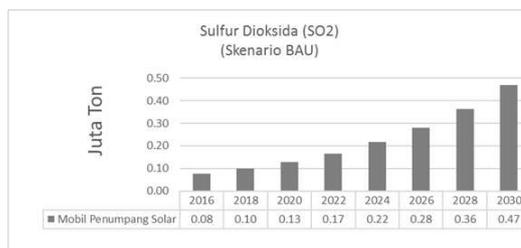
**C. Proyeksi SO2 (Sulfur Dioksida)**



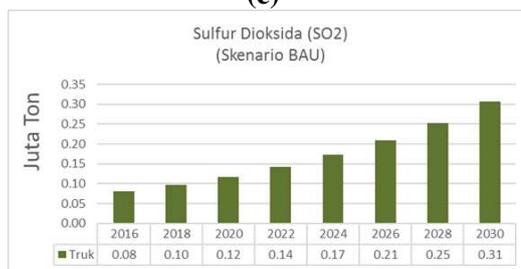
(a)



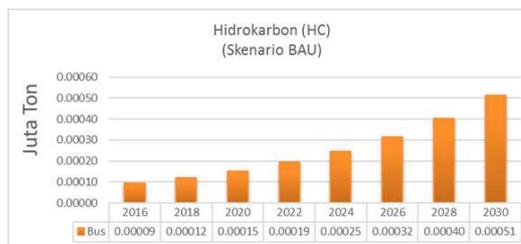
(b)



(c)



(d)



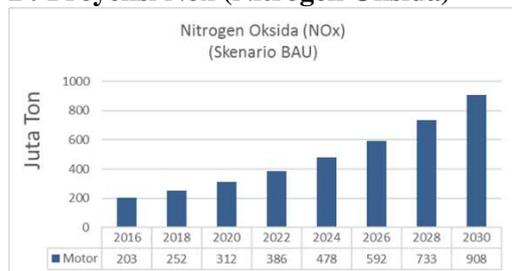
(e)

**Gambar 3 Hasil Proyeksi Emisi SO2 Kendaraan**

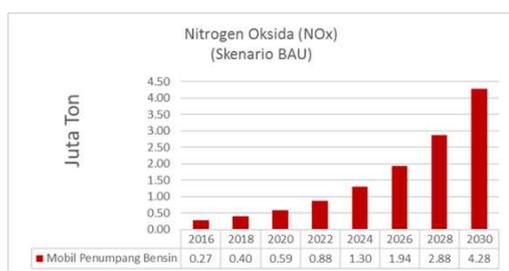
Sumber : Analisis Penulis, 2016

Gambar 3 menggunakan skenario BAU, yaitu skenario laju pertumbuhan normal yang memproyeksikan laju pertumbuhan kendaraan normal (tanpa ada kebijakan). Dari gambar di atas juga jelas bahwa kendaraan motor masih mendominasi emisi yaitu sebesar 24,45 juta ton SO2 di tahun 2016 dan meningkat menjadi 109,30 juta ton pada tahun 2030, sedangkan di urutan kedua ditempati oleh mobil penumpang berbahan bakar Bensin yaitu sebesar 0,03 juta ton pada tahun 2016 dan 0,52 juta ton pada tahun 2030 setelah itu disusul oleh mobil penumpang solar yaitu sebesar 0,08 juta ton pada tahun 2016 dan 0,47 juta ton pada tahun akhir perencanaan (2030).

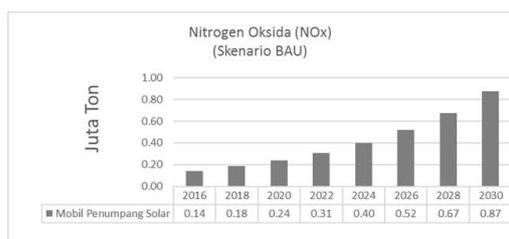
#### D. Proyeksi Nox (Nitrogen Oksida)



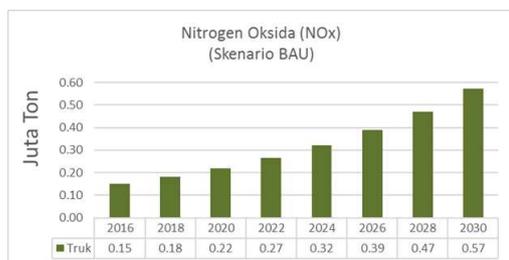
(a)



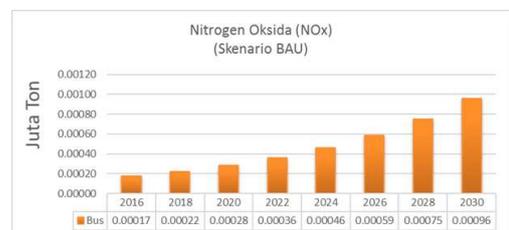
(b)



(c)



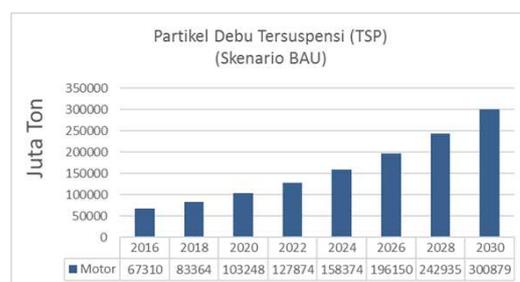
(d)



(e)

Gambar 4 menggunakan skenario BAU, yaitu skenario laju pertumbuhan normal yang memproyeksikan laju pertumbuhan kendaraan berdasarkan persentase laju pertumbuhan kendaraan dari tahun sebelumnya. Dari gambar 4 di atas juga jelas terlihat bahwa kendaraan sepeda motor masih mendominasi emisi yaitu sebesar 203,15 juta ton NOx di tahun 2016 dan meningkat menjadi 908,11 juta ton pada tahun 2030, sedangkan di urutan kedua ditempati oleh mobil penumpang berbahan bakar bensin yaitu sebesar 0,27 juta ton pada tahun 2016 dan 4,28 juta ton pada tahun 2030 setelah itu disusul oleh mobil penumpang solar yaitu sebesar 0,14 juta ton pada tahun 2016 dan 0,87 juta ton pada tahun akhir perencanaan (2030)

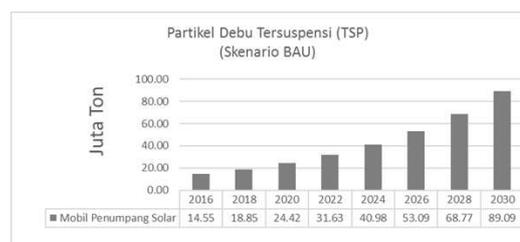
#### E. Proyeksi TSP (Total Suspended Particulates)



(a)



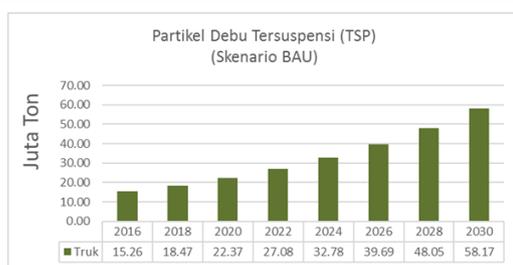
(b)



(c)

**Gambar 4 Hasil Proyeksi Emisi NOx Kendaraan**

Sumber : Analisis Penulis, 2016



(d)



(e)

**Gambar 5 Hasil Proyeksi Emisi TSP Kendaraan**

*Sumber : Analisis Penulis, 2016*

Dari gambar 5 terlihat bahwa kendaraan motor lagi – lagi masih mendominasi emisi yaitu sebesar 0,6 juta ton TSP di tahun 2016 dan meningkat menjadi 1 juta ton pada tahun 2030, sedangkan di urutan kedua ditempati oleh mobil penumpang berbahan bakar Bensin yaitu sebesar 0,5 juta ton pada tahun 2016 dan 0,8 juta ton pada tahun 2030 setelah itu disusul oleh mobil penumpang solar yaitu sebesar 0,3 juta ton pada tahun 2016 dan 0,6 juta ton pada tahun akhir perencanaan (2030). Dari data diatas juga terlihat bahwa Bus menempati urutan yang paling rendah dalam menyumbang emisi TSP yaitu sebesar 0,1 juta ton pada tahun 2016 dan 0,3 juta ton pada tahun 2030.

### **Analisis Gas Emisi Yang Dihasilkan Kendaraan di kota Semarang**

Berdasarkan hasil perhitungan emisi CO pada semua jenis kendaraan dapat disimpulkan bahwa emisi CO paling besar dihasilkan oleh kendaraan sepeda motor. Pada tahun 2016 misalnya, emisi yang dihasilkan oleh metode perangkat lunak LEAP mencapai 15.227,25 juta ton. Menurut Muziansyah (2015), selain umur dan jenis kendaraan faktor lainnya yang

ikut mempengaruhi hasil emisi adalah jumlah kendaraan. Didalam penelitian ini jumlah kendaraan berjenis sepeda motor paling mendominasi emisi kendaraan lainnya dikarenakan jumlahnya yang sangat banyak.

Sementara ditahun yang sama, hasil yang dihasilkan oleh metode faktor emisi untuk kendaraan dengan tahun pembuatan 2016 atau berumur satu tahun mencapai 701.623 ton/tahun.

Dari hasil perhitungan emisi HC menggunakan metode faktor emisi, didapat hasil terbesar berasal dari kendaraan sepeda motor dengan tahun pembuatan 2016, yaitu sebesar 87.593,02 sedangkan untuk metode LEAP mencapai 761 juta ton.

Ditinjau dari hasil prediksi yang menyebutkan bahwa kendaraan pribadi seperti mobil penumpang dan sepeda motor menghasilkan beban emisi terbesar maka menurut Sihombing (2008), perlu dilakukan pembatasan jumlah kendaraan khususnya kendaraan pribadi sedangkan untuk kendaraan umum perlu pengevaluasian antara jumlah kendaraan yang beroperasi dengan kebutuhan masyarakat.

Pada sektor emisi gas rumah kaca, emisi yang dihasilkan sepeda motor melalui metode faktor emisi pada tahun 2016 menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 743.786,7 ton/tahun sedangkan hasil perhitungan metode perangkat lunak LEAP mencapai 94.987,21 ton/tahun.

Hasil perhitungan yang telah dilakukan untuk semua jenis parameter lainnya secara keseluruhan didominasi oleh kendaraan sepeda motor. hasil dari beban emisi dengan metode faktor emisi memiliki perbedaan yang cukup signifikan dibandingkan metode perangkat lunak LEAP. hal ini didasari penggunaan input jarak tempuh yang dimasukkan kedalam perangkat lunak LEAP.

Hal lain yang menyebabkan perhitungan beban emisi ini berbeda menurut Sutrisno (2014) adalah faktor emisi yang digunakan. Faktor emisi yang digunakan oleh perangkat lunak LEAP tidak menggunakan regulasi nasional melainkan regulasi internasional seperti

IPCC, CORINAIR dan US EPA sedangkan untuk metode faktor emisi menggunakan data faktor emisi dari regulasi nasional yaitu dari Kementerian Lingkungan Hidup tahun 2012. Dengan menggunakan faktor emisi nasional maka lebih sesuai dengan kondisi kendaraan dan kondisi perjalanan yang ada di Indonesia.

Menurut Sutrisno (2014), Perhitungan beban emisi semua parameter dengan pendekatan VKT atau jarak tempuh. Pada tahun 2012 sampai tahun 2016 semua jenis kendaraan bermotor mengalami peningkatan sehingga nilai emisinya ikut meningkat.

### Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain :

**1. Beban Emisi rata – rata (kendaraan dari umur 1 – 10) yang dihasilkan dari Metode Faktor Emisi adalah:**

#### A. Sepeda Motor

Beban emisi tertinggi dimiliki oleh jenis pencemar CO<sub>2</sub> yaitu dengan rata – rata sebesar 833.528,81 ton/tahun, Sedangkan beban emisi terendah yaitu N<sub>2</sub>O dengan rata – rata sebesar 74,4 ton/tahun

#### B. Mobil Penumpang Bensin

Beban emisi tertinggi dimiliki oleh jenis pencemar CO<sub>2</sub> yaitu dengan rata – rata sebesar 833.528,81, Sedangkan beban emisi terendah yaitu N<sub>2</sub>O dengan rata – rata sebesar 45,2 ton/tahun

#### C. Mobil Penumpang Solar

Beban emisi tertinggi dimiliki oleh jenis pencemar CO<sub>2</sub> yaitu dengan rata – rata sebesar 473.140,08 ton/tahun, Sedangkan beban emisi terendah yaitu CH<sub>4</sub> dengan rata – rata sebesar 28,9 ton/tahun

#### D. Bus

Beban emisi tertinggi dimiliki oleh jenis pencemar CO<sub>2</sub> yaitu dengan rata – rata sebesar 473.140,1 ton/tahun, Sedangkan beban emisi terendah yaitu CO<sub>2</sub> dengan rata – rata sebesar 13,8 ton/tahun

#### E. Truk

Beban emisi tertinggi dimiliki oleh jenis pencemar CO<sub>2</sub> yaitu dengan rata –

rata sebesar 473.140,08 ton/tahun, Sedangkan beban emisi terendah yaitu CH<sub>4</sub> dengan rata – rata sebesar 46,7 ton/tahun

### 2. Hasil Proyeksi LEAP pada akhir tahun perencanaan (2030) adalah :

#### Sepeda Motor

- CO Sebesar 68.067,01 juta ton/tahun
- HC Sebesar 3.400 juta ton/tahun
- SO<sub>2</sub> Sebesar 109,30 juta ton/tahun
- NO<sub>x</sub> Sebesar 908,11 juta ton/tahun
- TSP Sebesar 300.878,90 juta ton/tahun
- CO<sub>2</sub> Sebesar 424.600,31 juta ton/tahun
- N<sub>2</sub>O Sebesar 19,61 juta ton/tahun
- CH<sub>4</sub> Sebesar 202,2 juta ton/tahun

#### Mobil Penumpang Premium

- CO Sebesar 320,82 juta ton/tahun
- HC Sebesar 160.282,02 ton/tahun
- SO<sub>2</sub> Sebesar 0,52 juta ton/tahun
- NO<sub>x</sub> Sebesar 4,28 juta ton/tahun
- TSP Sebesar 1418,1 juta ton/tahun
- CO<sub>2</sub> Sebesar 2001,3 juta ton/tahun
- N<sub>2</sub>O Sebesar 0,09 juta ton/tahun
- CH<sub>4</sub> Sebesar 1 juta ton/tahun

#### Mobil Penumpang Solar

- CO Sebesar 0,43 juta ton/tahun
- HC Sebesar 19.537,96 ton/tahun
- SO<sub>2</sub> Sebesar 0,47 juta ton/tahun
- NO<sub>x</sub> Sebesar 0,8 juta ton/tahun
- TSP Sebesar 89,1 juta ton/tahun
- CO<sub>2</sub> Sebesar 188,2 juta ton/tahun
- N<sub>2</sub>O Sebesar 0,01 juta ton/tahun
- CH<sub>4</sub> Sebesar 0,006 juta ton/tahun

#### Truk

- CO Sebesar 0,28 juta ton/tahun
- HC Sebesar 12756,44 ton/tahun
- SO<sub>2</sub> Sebesar 0,31 juta ton/tahun
- NO<sub>x</sub> Sebesar 0,57 juta ton/tahun
- TSP Sebesar 58,2 juta ton/tahun
- CO<sub>2</sub> Sebesar 122,9 juta ton/tahun
- N<sub>2</sub>O Sebesar 0,0049 juta ton/tahun
- CH<sub>4</sub> Sebesar 0,064 juta ton/tahun

#### Bus

- CO Sebesar 0,0004 juta ton/tahun
- HC Sebesar 21,37 ton/tahun
- SO<sub>2</sub> Sebesar 0,0005 juta ton/tahun
- NO<sub>x</sub> Sebesar 0,0009 juta ton/tahun
- TSP Sebesar 0,1 juta ton/tahun

- f. CO<sub>2</sub> Sebesar 0,2 juta ton/tahun
- g. N<sub>2</sub>O Sebesar 8 ton/tahun
- h. CH<sub>4</sub> Sebesar 1 ton/tahun

#### DAFTAR PUSTAKA

- Akorede, M.F., Hizam, H., Kadir, M.Z.A. Ab., Aris, I., Buba, S.D. (2012). *Mitigating The Anthropogenic Global Warming in The Electric Power Industry. Renewable and Sustainable Energy*.
- Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Jakarta, 2013. *Zat – zat Pencemar Udara*.
- Dinas Pendapatan Daerah Propinsi Jawa Tengah. 2016. *Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah Nomor 3 Tahun 2016 Tentang Pajak Kendaraan Bermotor*. Direktorat Jenderal Bina Marga (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Bina Karya. Jakarta.
- Fardiaz Srikandi . 1992 . *Polusi Air dan Udara* . ITB . Bandung.
- Houdian, Hourri. 2014. *Kajian Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Transportasi dan Industri di Provinsi Bengkulu Dengan Menggunakan Perangkat Lunak Leap*. Bengkulu: Universitas Bengkulu.
- IPCC. 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2: Energy*. NGG
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2013. *Pedoman Teknis Penyusunan Inventarisasi Emisi Pencemar Udara di Perkotaan*. Jakarta.
- 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*.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2013. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah kaca*. Jakarta.
- Lestari, P. dan Adolf, S., 2008, *Emission Inventory of GHGs of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> From Transportation Sector Using Vehicles Kilometer Travelled (VKT) and Fuel Consumption Approaches in Bandung City*, *Journal of Better Air Quality*, vol. 159.
- Martuti, N. K. T. 2013. *Peranan Tanaman Terhadap Pencemaran Udara di Jalan Protokol Kota Semarang*. *Jurnal Biosantifika*. 5 (1):36-42.
- Muziansyah, Devianti. 2015. *Model Emisi Gas Buangan Kendaraan Bermotor Akibat Aktivitas Transportasi (Studi Kasus: Terminal Pasar Bawah Ramayana Kota Bandar Lampung)*. Lampung: Universitas Lampung.
- Nahas, Setiawan, Herizal. 2013. *Analisis Konsentrasi Metana Atmosferik di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang* <http://translationjournal.net/journal/65naive.htm>, 10 Juli 2013.
- Nurbiana, Dhieni,. 2008. *Metode pengembangan bahasa*. Jakarta : Pusat Penerbitan Universitas Terbuka.
- Peraturan Pemerintah No. 41 . 1999 . *Pengendalian Pencemaran Udara*. Jakarta.
- Peraturan Pemerintah Lingkungan Hidup No. 12 . 2010 . *tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah* . Jakarta.
- Purwani, 2004. *Studi Pengaruh Umur mesin, Jarak Tempuh dan Perawatan Kendaraan Bermotor Roda Empat, Berbahan Bakar Bensin terhadap Konsentrasi Emisi CO*. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang.
- Purwanto, Christine Prita. 2015. *Inventarisasi Emisi Sumber Bergerak di Jalan (On Road) Kota Denpasar*. Denpasar: Universitas Udayana.
- Rozali, A.B. 1996. *Mendirikan Bengkel Mini*. Puspa Swara, Jakarta.
- Soedomo, Moestikahadi (1999) ” Kumpulan Karya Ilmiah Pencemaran Udara ”, Penerbit ITB Bandung, Indonesia.
- Soedomo, Moestikahadi. 2001. *Pencemaran Udara*. Bandung: ITB
- Suhono. 2010. *Kajian Perencanaan Permintaan dan Penyediaan energi listrik di Wilayah Kabupaten Sleman menggunakan perangkat lunak LEAP*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Wardhana, Wisnu Arya. 1995. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Winarno, Oetomo Tri. 2010. *LEAP Panduan Perencanaan Energi*. Bandung: Pusat Kajian Kebijakan Energi Institut Teknologi Bandung.