

## ESTIMASI EMISI PENCEMAR UDARA KONVENSIONAL ( $SO_x$ , $NO_x$ , CO, dan PM) KENDARAAN PRIBADI BERDASARKAN METODE *INTERNATIONAL VEHICLE EMISSION* (IVE) DI BEBERAPA RUAS JALAN KOTA SEMARANG

Tirta Tri Buanawati<sup>\*)</sup>, Haryono Setiyo Huboyo<sup>\*\*)</sup>, Budi Prasetyo Samadikun<sup>\*\*)</sup>

Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

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

Email : Tirtabuanawati@yahoo.co.id

### Abstrak

Transportasi memberikan dampak positif dalam menentukan perkembangan suatu wilayah dalam mendistribusikan barang dan jasa, namun juga dapat memberikan dampak negatif terhadap kualitas udara di perkotaan yang semakin memburuk akibat tingginya kadar emisi kendaraan. Kondisi ini dapat terjadi di setiap wilayah Indonesia yang memiliki tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi termasuk di Kota Semarang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik jenis mesin, exhaust type, jenis bahan bakar, distribusi umur kendaraan, jarak tempuh kendaraan (VKT), kecepatan kendaraan dan jumlah start-up, serta mengetahui besaran estimasi emisi pencemar udara konvensional ( $SO_x$ ,  $NO_x$ , CO, dan PM) kendaraan pribadi di Kota Semarang pada saat start up dan running dengan menggunakan metode *International Vehicle Emission*. Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan menyebarkan kuesioner mengenai data karakteristik kendaraan sedangkan data sekunder diperoleh dari BMKG Maritim Kota Semarang. Data yang telah terkumpul selanjutnya diolah dengan menggunakan Metode *International Vehicle Emission* (IVE). Model *International Vehicle Emission* (IVE) secara khusus dirancang untuk memiliki fleksibilitas yang dibutuhkan oleh negara-negara berkembang dalam upaya untuk mengatasi emisi gas buang dari kendaraan di udara. (Davis, 2008). Setelah dilakukan penelitian dengan menggunakan Model *International Vehicle Emission* (IVE), maka diperoleh hasil bahwa hasil emisi udara konvensional  $SO_x$ ,  $NO_x$ , CO dan PM pada motor pribadi di Kota Semarang baik ketika start up maupun running lebih besar dibandingkan dengan emisi yang dihasilkan pada mobil pribadi. Kemudian parameter emisi udara konvensional yang dihasilkan oleh mobil dan motor pribadi paling besar adalah CO.

**Kata Kunci** : Karakteristik Kendaraan Pribadi, Model IVE, Emisi Udara Konvensional

### Abstract

[*Conventional Pollution Emission Estimation ( $SO_x$ ,  $NO_x$ , CO, and PM) from The Private Vehicle based on International Vehicle Emission Model in Several Roads of Semarang City*]. Transportation had a positive impact in determining the development of an area in distributing goods and services, but also can have a negative impact on air quality in urban areas are deteriorating due to high levels of vehicle emissions. This condition can occur in every region of Indonesia that has a high traffic density, including in the city of Semarang. The purpose of this study was to determine the characteristics of the type of engine, exhaust type, fuel type, the age distribution of vehicles, vehicle mileage (VKT), vehicle speed and the number of start-ups, as well as determine the amount of the estimated emissions of air pollutants conventional ( $SO_x$ ,  $NO_x$ , CO, and PM) private vehicles in the city of Semarang at start-up and running using the *International Vehicle Emission*. This research was conducted by collecting primary data and secondary data. The primary data obtained by distributing questionnaires about the data characteristics of the vehicle while secondary data obtained from BMKG Maritim Semarang. The collected data further processed by using Method *International Vehicle Emissions* (IVE). Model *International Vehicle Emissions* (IVE) is specifically designed to have the flexibility needed by developing countries in an effort to overcome the exhaust emissions from vehicles in the air. (Davis, 2008). After doing research using the Model *International Vehicle Emissions* (IVE), the obtained results that the proceeds of the conventional air  $SO_x$ ,  $NO_x$ , CO and PM on private motor in Semarang well as start up and running is greater than the emissions produced on private cars, Then the parameters of conventional air emissions produced by private motor cars and most of it is CO.

**Keywords** : Characteristics of Private Vehicles, Model IVE, Air Emissions Conventional

## PENDAHULUAN

Transportasi secara umum diartikan sebagai perpindahan barang/orang dari satu tempat ke tempat yang lain. Jumlah transportasi dapat meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat. Hal ini dikarenakan tidak semua fasilitas yang dibutuhkan masyarakat berada pada satu tempat. Transportasi memberikan dampak positif dalam menunjang aktivitas masyarakat dan turut menentukan perkembangan suatu wilayah dalam mendistribusikan barang dan jasa, namun juga dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan khususnya dampak terhadap kualitas udara di perkotaan. Buruknya kualitas udara di perkotaan disebabkan karena tingginya kadar polutan akibat emisi (pelepasan) dari asap kendaraan umum maupun kendaraan pribadi. Kondisi ini dapat terjadi di setiap wilayah Indonesia yang memiliki tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi khususnya di kota-kota besar termasuk Kota Semarang.

Kegiatan transportasi mempunyai kontribusi terhadap polusi udara atmosfer. Kendaraan bermotor merupakan sumber utama polusi daerah perkotaan dan menyumbang 70% emisi  $\text{NO}_x$ , 52% emisi VOC dan 23% partikulat (*Departement of Environment & Conservation, 2005*). Setiap liter bahan bakar yang dibakar akan mengemisikan sekitar 100 gram Karbon Monoksida, 30 gram Oksida Nitrogen, 2,5 kg Karbon Dioksida dan berbagai senyawa lainnya termasuk senyawa sulfur (*Hickman, 1999*). Proses pembakaran bahan bakar minyak seperti yang diketahui akan mengeluarkan unsur dan senyawa – senyawa pencemar udara, seperti padatan total tersuspensi, karbon monoksida, total hidro karbon, oksida – oksida nitrogen, oksida- oksida sulfur, partikel timbal, oksigen foto kimia (Soedomo, 2001).

*The International Vehicle Emissions (IVE)* adalah model komputer yang dirancang untuk memperkirakan emisi dari kendaraan bermotor. Model ini memperkirakan polutan udara lokal, emisi gas rumah kaca, dan polutan beracun. Model IVE telah dikembangkan sebagai usaha bersama dari *University of California* di Riverside, *College of Engineering – Center for Environmental Research and Technology (CE-CERT)*, *Global Sustainable Systems Research (GSSR)*, dan *the International*

*Sustainable Systems Research Center (ISSRC)*. Pendanaan untuk pengembangan model yang disediakan oleh *US Environmental Protection Agency (Davis, 2008)*.

kegiatan pengukuran langsung terhadap kendaraan bermotor yang jumlahnya sangat banyak akan sangat sulit untuk dilakukan, sehingga untuk mengestimasi emisi kendaraan melalui pendekatan faktor emisi sangat membantu untuk memprediksi besarnya beban pencemar udara ambien yang bersumber dari kendaraan bermotor. Oleh karena itu, penelitian estimasi emisi kendaraan dengan menggunakan metode *International Vehicle Emission Model (IVE)* perlu dilaksanakan.

## TINJAUAN PUSTAKA

### - Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan perkotaan menurut fungsinya (UU RI No. 38 Tahun 2004 Pasal 8) yaitu :

- 1) Jalan Arteri, yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.
- 2) Jalan Kolektor, yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- 3) Jalan Lokal, yaitu jalan yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
- 4) Jalan Lingkungan, yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

### - Kendaraan Bermotor

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2012 tentang kendaraan, yang dimaksud dengan kendaraan bermotor adalah setiap kendaraan yang digerakkan oleh peralatan mekanik berupa mesin selain kendaraan yang berjalan di atas rel.

Jenis kendaraan bermotor menurut Pemerintah Nomor 55 Tahun 2012 Pasal 1, yaitu:

- 1) Sepeda motor  
Sepeda Motor didefinisikan sebagai kendaraan bermotor beroda dua dengan atau tanpa rumah-rumah dan dengan atau tanpa kereta samping atau kendaraan bermotor beroda tiga tanpa rumah-rumah.
- 2) Mobil penumpang,  
Mobil penumpang adalah kendaraan bermotor angkutan orang yang memiliki tempat duduk maksimal 8 (delapan) orang

#### - Pencemaran Udara

Pengertian pencemaran udara berdasarkan Undang-Undang Nomor 23 tahun 1997 pasal 1 ayat 12 mengenai Pencemaran Lingkungan yaitu pencemaran yang disebabkan oleh aktivitas manusia seperti pencemaran yang berasal dari pabrik, kendaraan bermotor, pembakaran sampah, sisa pertanian, dan peristiwa alam seperti kebakaran hutan, letusan gunung api yang mengeluarkan debu, gas, dan awan panas.

#### - Sumber Pencemaran Udara

Menurut Fardiaz (1992), sumber polusi yang utama berasal dari transportasi dimana hampir 60% dari polutan yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan sekitar 15% terdiri dari hidrokarbon.

Sumber pencemar menurut PP No 41 Tahun 1999 Pasal 1 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara terdiri atas lima kelompok, yaitu:

- 1) Sumber bergerak: sumber emisi yang bergerak atau tidak tetap pada suatu tempat yang berasal dari kendaraan bermotor;
- 2) Sumber bergerak spesifik: serupa dengan sumber bergerak namun berasal dari kereta api, pesawat terbang, kapal laut dan kendaraan berat lainnya;
- 3) Sumber tidak bergerak: sumber emisi yang tetap pada suatu tempat;
- 4) Sumber tidak bergerak spesifik: serupa dengan sumber tidak bergerak namun berasal dari kebakaran hutan dan pembakaran sampah;

- 5) Sumber gangguan: sumber pencemar yang menggunakan media udara atau padat untuk penyebarannya. Sumber ini terdiri dari kebisingan, getaran, kebauan dan gangguan lain.

#### - Komponen Pencemar Udara Konvensional

Berikut akan dijelaskan mengenai beberapa komponen pencemar udara konvensional yang termasuk ke dalam parameter penelitian:

- 1) Sulfur Oksida ( $SO_x$ )

Ada dua macam gas belerang oksida ( $SO_x$ ), yaitu  $SO_2$  dan  $SO_3$ . Gas  $SO_2$  berbau tajam dan tidak mudah terbakar, sedangkan gas  $SO_3$  sangat reaktif. Konsentrasi  $SO_2$  di udara mulai terdeteksi oleh indra penciuman manusia ketika konsentrasinya berkisar antara 0,3 – 1 ppm. Gas hasil pembakaran umumnya mengandung lebih banyak  $SO_2$  dari pada  $SO_3$ . Pencemaran  $SO_x$  di udara terutama berasal dari pemakaian batu bara pada kegiatan industri, transportasi dan lain sebagainya (Wardhana, 2004)

- 2) Nitrogen Oksida ( $NO_x$ )

$NO_x$  (Nitrogen Oksida) adalah kelompok gas yang terdapat di atmosfer yang terdiri dari gas nitrit oksida (NO) dan nitrogen dioksida ( $NO_2$ ). Walaupun bentuk nitrogen oksida lainnya ada, tetapi kedua gas ini yang paling banyak ditemui sebagai polutan udara. Nitrit oksida merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, sebaliknya nitrogen dioksida mempunyai warna coklat kemerahan dan berbau tajam (Fardiaz, 1992).

- 3) Karbon Monoksida

Karbon monoksida atau CO adalah gas yang tidak berwarna, tidak berbau maupun berasa yang timbul akibat pembakaran tidak sempurna bahan bakar yang mengandung karbon. Gas ini tergolong kategori mudah terbakar dan beracun. Sumber CO terbagi dua, yaitu sumber alami dan sumber antropogenik. Secara alami CO dihasilkan dari aktifitas gunung berapi dan juga kebakaran hutan. Sementara CO juga dihasilkan sebagai produk sampingan aktifitas manusia, diantaranya kendaraan bermotor (lebih dari 75%). Emisi CO umumnya meningkat saat terjadi kemacetan di jalan. Selain itu CO juga dihasilkan dari

transportasi lain seperti pesawat terbang dan kereta api, proses pembakaran bahan bakar, pembakaran kayu, pembakaran sampah serta aktifitas industri (Kementerian Lingkungan Hidup, 2013).

4) Partikel (PM)

Partikel adalah pencemar udara yang dapat berada bersama-sama dengan bahan atau bentuk pencemar lainnya. Partikel dapat diartikan secara murni atau sempit sebagai bahan pencemar udara yang berbentuk padatan. Namun, dalam pengertian lebih luas, partikel dapat meliputi berbagai macam bentuk, mulai dari bentuk yang sederhana sampai bentuk yang rumit dan kompleks (Wardhana, 2004).

- **International Vehicle Emission (IVE) Model**

*International Vehicle Emission Model (IVEM)* secara khusus dirancang untuk memiliki fleksibilitas yang dibutuhkan oleh negara-negara berkembang dalam upaya mereka untuk mengatasi emisi gas buang dari kendaraan di udara. (Davis, 2008).

Model ini dimasukkan untuk membantu kota-kota dan daerah dalam mengembangkan perkiraan emisi untuk :

1. Fokus strategi pengendalian dan perancangan transportasi yang paling efektif
2. Memprediksi bagaimana strategi yang berbeda akan mempengaruhi emisi lokal suatu daerah, dan
3. Mengukur kemajuan dalam mengurangi emisi dari waktu ke waktu

Pada tabel 1 menunjukkan beberapa polutan dan gas yang dapat dianalisa dengan menggunakan Model IVE adalah:

**Tabel 1. Polutan dan Gas yang Dianalisa Model IVE**

Kriteria	Racun	Gas Penyebab Pemanasan Global
CO	Pb	CO <sub>2</sub>
VOC	1,3 Butadiene	N <sub>2</sub> O
VOC evap	Acetaldehydes	CH <sub>4</sub>
NO <sub>x</sub>	Formaldehydes	

SO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>	
PM	Benzene	

Sumber: *IVE Model Users Manual Version 2.0, 2008*

Menurut IVEM, emisi kendaraan dapat dianalisis dengan menggunakan formula sebagaimana ditunjukkan pada persamaan berikut ini :

$$Q[t] = B[t] * K_{Base}[t] * K(Tmp)[t] * K(Hmd)[t] * K(IM)[t] * K(Fuel)[t] * K(Alt)[t] * K(Cntry)[t] * K(d)[t] \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

- Q[t] = Faktor emisi untuk masing-masing teknologi;
- B[t] = Angka dasar emisi untuk masing-masing teknologi;
- K(Base)[t] = Penyesuaian angka dasar emisi;
- K(Tmp)[t] = Faktor koreksi suhu;
- K(Hmd)[t] = Faktor koreksi kelembaban;
- K(IM)[t] = Faktor koreksi inspeksi / maintenance;
- K(Fuel)[t] = Faktor koreksi kualitas bahan bakar;
- K(Alt)[t] = Faktor koreksi ketinggian;
- K(Cntry)[t] = Faktor koreksi Negara;
- K[dt] = Faktor koreksi gaya mengemudi.

- **Vehicle Spesific Power ( VSP )**

Konsep *Vehicle Spesific Power ( VSP )* adalah formula yang digunakan dalam evaluasi emisi kendaraan. Ide ini pertama kali dikembangkan oleh JL Jiménez Palacios di *Massachusetts Institute of Technology* pada tahun 1998. Secara informal, konsep ini adalah jumlah dari beban akibat *drag aerodinamis*, percepatan, *rolling resistance*, dan pendakian jalan, semua dibagi oleh massa kendaraan. Secara konvensional, konsep ini dikonversi dalam kilowatt per ton, yaitu daya sesaat kendaraan dibagi dengan massa. *Vehicle Spesific Power (VSP)* yang dikombinasikan dengan dinamometer dan remote-sensing pengukuran, dapat digunakan untuk menentukan emisi kendaraan.

Jimenez merumuskan *Vehicle Spesific Power (VSP)* kendaraan sebagai berikut:

$$VSP = v[1.1a + 9.81 (atan(sin(grade)) + 0.132) + 0.000302v^3 \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

$v$  = Kecepatan kendaraan (m/s)

Grade jalan ( $ht=0 - ht=-1$ )

$a$  = Akselerasi Kendaraan (m/s<sup>2</sup>)

$h$  = Altitude jalan (m)

Koefisien gravitasi (9,81)

Koefisien rolling resistance (0,132)

Koefisien tarik (0,000302)

#### - Nilai Bin

Tabel binning merupakan tabel pendekatan untuk memperkirakan nilai uji emisi kendaraan yang telah dihitung *Vehicle Specific Power* (VSP)-nya. Nilai bin yang dihasilkan kemudian dimasukkan dalam aplikasi IVE untuk dianalisis. Dalam analisis ini, selain VSP, juga digunakan parameter *Engine Stress* atau tingkat stres mesin kendaraan. Total terdapat 60 bin VSP/*Engine Stress* kategori kendaraan yang digunakan dalam analisis ini.

### METODOLOGI PENELITIAN

#### - Tujuan Operasional

Berdasarkan Judul Penelitian “Estimasi Emisi Pencemar Udara Konvensional (SO<sub>x</sub>, Partikulat, CO, dan NO<sub>x</sub>) Kendaraan Pribadi Berdasarkan Metode *International Vehicle Emission* (IVE) di Beberapa Ruas Jalan Kota Semarang”, terdapat beberapa tujuan operasional.

1. Menganalisis data primer dan data sekunder yang berkaitan dengan jenis mesin, tipe pengelolaan gas buang (*exhaust type*), umur kendaraan, jenis bahan bakar, jarak tempuh dan jumlah *start-up* kendaraan pribadi dalam mempengaruhi besaran emisi kendaraan di Kota Semarang.
2. Mengukur besaran estimasi emisi pencemar udara konvensional (SO<sub>2</sub>, partikulat, CO, dan NO<sub>x</sub>) kendaraan pribadi dengan menggunakan metode *International Vehicle Emission*.

#### - Waktu dan Lokasi Penelitian

Waktu pelaksanaan survei dan pengambilan data dilakukan pada hari kerja dan akhir pekan dengan mengambil data – data primer di *Parking Lot Area* Kota Semarang dan data sekunder di BMKG Maritim Kota Semarang.

#### - Metode Pengambilan Sampel

Metode pengumpulan data (sampling) dalam penelitian ini dilakukan dengan melakukan interview dan pengisian kuesioner kepada pengguna kendaraan pribadi yang berada di *Parking Lot Area* atau kendaraan pribadi yang sedang berhenti di beberapa area parkir di Kota Semarang.

#### - Alat dan Bahan

Dalam pelaksanaan penelitian ini, alat dan bahan yang dipergunakan adalah lembar kuesioner, alat tulis, kamera, dan lain-lain.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Mengklasifikasikan Kendaraan Pribadi Berdasarkan Jenis Mesin

Jenis mesin pada kendaraan pribadi digolongkan menjadi mesin *Carburetor* dan *Injeksi*. Jenis mesin injeksi digolongkan kembali berdasarkan penggunaan bahan bakar yaitu untuk mesin yang berbahan bakar bensin terbagi menjadi *Single-Pt FI* dan *Multi-Pt FI* sedangkan untuk mesin diesel yang berbahan bakar solar terbagi menjadi *Direct Injection* dan *FI*.

Pada Tabel 2 akan menunjukkan perbandingan persentase jumlah mobil dan motor pribadi berdasarkan jenis mesinnya.

**Tabel 2. Perbandingan Persentase Jumlah Mobil dan Motor Berdasarkan Jenis Mesin**

Jenis Mesin	Jumlah	
	Mobil (n = 299 unit)	Motor (n = 402 unit)
Carburetor	3%	0%
Single-Pt FI	3%	6%
Multi-Pt FI	91%	94%
Direct Injection	2%	0%
FI	1%	0%

Sumber : Analisis Penulis, 2017

Keterangan:

$n$  adalah jumlah kuesioner

#### 2. Mengklasifikasikan Kendaraan Pribadi Berdasarkan Exhaust Type

Jenis pengelolaan gas buang (*exhaust type*) pada kendaraan pribadi terbagi menjadi beberapa golongan, yaitu *Katalitik Konverter*, *EGR (Exhaust gas Recirculation)* dan standar Euro. *Katalitik Konverter* terbagi lagi menjadi *Two-Way* dan *Three-Way*.

Pada Tabel 3 menunjukkan perbandingan persentase jumlah mobil dan motor pribadi berdasarkan *Exhaust Type*.

**Tabel 3. Perbandingan Persentase Jumlah Mobil dan Motor Pribadi Berdasarkan (*Exhaust Type*)**

<i>Exhaust Type</i>	Persentase	
	Mobil (n=299 unit)	Motor (n=402 unit)
<i>EGR +</i>	2.01%	0%
<i>none</i>	2.01%	0%
<i>2-Way</i>	0.33%	6%
<i>3-Way</i>	13.71%	0%
<i>Euro 2</i>	81.94%	47%
<i>Euro 3</i>	0%	47%

Sumber : Analisis Penulis, 2017

Keterangan:

*n* adalah jumlah kuesioner

### 3. Karakteristik Kendaraan Pribadi Berdasarkan Jenis Bahan Bakar

Penggunaan bahan bakar minyak secara intensif dalam sektor transportasi darat menjadi penyebab utama timbulnya dampak terhadap lingkungan udara, terutama di daerah-daerah perkotaan. Proses pembakaran bahan bakar minyak seperti diketahui akan mengeluarkan unsur dan senyawa-senyawa pencemar ke udara, seperti padatan total tersuspensi (debu), karbon monoksida, total hidro karbon, oksida-oksida nitrogen, oksida-oksida sulfur, dan partikel timbal (Soedomo, 2001)

Pada Tabel 4. menunjukkan persentase jumlah mobil dan motor berdasarkan penggunaan bahan bakarnya.

**Tabel 4. Perbandingan Persentase Jumlah Mobil dan Motor Berdasarkan Penggunaan Jenis Bahan Bakar**

Bahan Bakar	Jumlah	
	Mobil (n=299 unit)	Motor (n=299 unit)
Bensin	97%	100%
Solar	3%	0%

Sumber : Analisis Penulis, 2017

Keterangan :

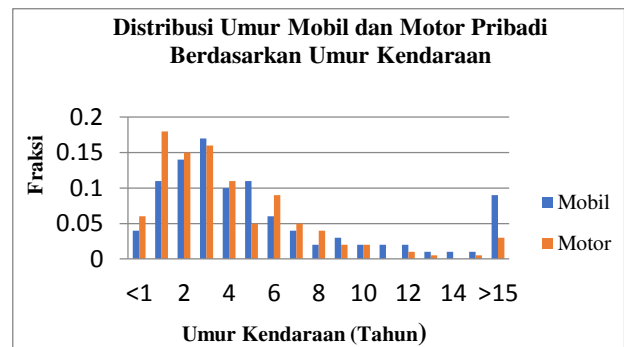
- *n* adalah jumlah kuesioner

- *Bahan bakar bensin yang dimaksud adalah premium*

### 4. Karakteristik Kendaraan Pribadi Berdasarkan Distribusi Umur dan Jarak Tempuh/Hari (*Vehicle Kilometer Transport*)

Umur kendaraan dapat mempengaruhi emisi yang dihasilkan. Menurut penelitian yang telah dilakukan Purwani (2004), menyebutkan bahwa semakin bertambahnya usia kendaraan maka ketahanan material pada mesin kendaraan akan berkurang. Umur kendaraan diperoleh dari hasil pengisian data kuesioner. Umur kendaraan ini diperlukan untuk mengetahui nilai *VKT (Vehicle Kilometer Transport)* pada mobil dan motor pribadi.

Gambar 1 merupakan grafik yang menunjukkan rata-rata umur mobil dan motor pribadi di Kota Semarang.



**Gambar 1. Rata-Rata Umur Mobil dan Motor Pribadi di Kota Semarang**

Sumber : Analisis Penulis, 2017

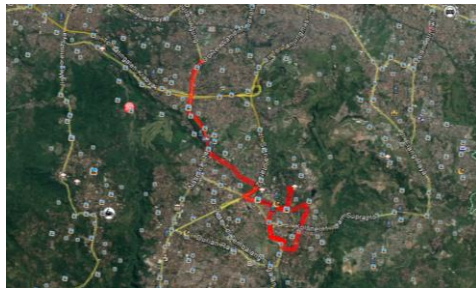
Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan bahwa rata-rata umur mobil paling banyak di Kota Semarang adalah umur 3 tahun yaitu dengan presentase 11%, sedangkan rata-rata umur motor paling banyak adalah umur 1 tahun yaitu dengan presentase 18%.

### 5. Pola Berkendara Mobil dan Motor dengan Menggunakan GPS Survei

Data pola berkendara ini diperoleh dengan menggunakan alat *GPS Survei* yang di titipkan kepada 5 pengguna mobil pribadi dan 5 pengguna motor pribadi pada 2 hari *weekday* dan 2 hari *weekend*. Data yang dihasilkan dari

GPS Survei tersebut meliputi data waktu, latitude, longitude, kecepatan dan altitude perjalanan kendaraan selama jam operasional yaitu dari jam 06.00 WIB sampai 20.00 WIB.

Pada Gambar 2 merupakan contoh rute perjalanan kendaraan pribadi hasil dari penggunaan alat GPS Survey pada mobil dan kendaraan pribadi



**Gambar 2. Pola Berkendara Mobil Pribadi**  
 Sumber : Data GPS Survey

## 6. Rata-Rata Pola Kecepatan Mobil dan Motor Pribadi

Dari penelitian yang dilakukan oleh Morlok (1991), meningkatnya kecepatan kendaraan akan menghasilkan emisi yang makin rendah dari karbon monoksida dan hidrokarbon per kendaraan-mil, sedangkan emisi oksida dari nitrogen akan bertambah per kendaraan-mil dengan bertambahnya kecepatan. Karena ketiga jenis polutan di atas sama sekali tidak diinginkan, maka tidak terdapat aturan umum mengenai kecepatan terbaik dari sudut pandang kualitas udara.

Pada penelitian ini, perolehan data kecepatan mobil dan kendaraan pribadi diperoleh dari data GPS Survey. Berdasarkan data dari GPS Survei, pergerakan mobil dan motor pribadi terjadi pada waktu 06.00 – 20.00 WIB, selain jam tersebut maka diasumsikan bahwa kondisi kendaraan tidak mengalami pergerakan. Tabel 5 dan Tabel 6 menunjukkan rata-rata kecepatan mobil dan motor pribadi pada saat *weekday* dan *weekend*.

**Tabel 5. Kecepatan Rata-Rata Mobil dan Motor Pribadi Saat Weekday**

Waktu (Jam)	Kecepatan (Km/Jam) Weekday	
	Mobil	Motor
6h	21.03	24.94
7h	28.83	20.56

Waktu (Jam)	Kecepatan (Km/Jam) Weekday	
	Mobil	Motor
8h	8.17	8.17
9h	29.04	18.99
10h	13.92	17.58
11h	17.95	18.66
12h	34.30	19.89
13h	8.41	22.78
14h	21.53	11.88
15h	23.45	11.64
16h	12.40	17.39
17h	18.62	10.73
18h	19.43	15.73
19h	5.14	4.24
20h	16.72	11.44
Rata-Rata	18,60	15.64

Sumber : Analisis Penulis, 2017

**Tabel 6. Kecepatan Rata-Rata Mobil dan Motor Pribadi Saat Weekend**

Waktu (Jam)	Kecepatan (Km/Jam) Weekend	
	Mobil	Motor
6h	10.95	38.92
7h	10.64	32.45
8h	16.05	38.41
9h	23.17	7.35
10h	28.74	1.34
11h	22.80	9.65
12h	22.02	32.69
13h	37.36	22.10
14h	15.50	9.32
15h	23.90	22.53
16h	8.31	25.68
17h	3.08	8.90
18h	13.65	12.54
19h	17.20	9.55
20h	9.95	20.63
Rata-Rata	17.55	18.07

Sumber : Analisis Penulis, 2017

### 7. Distribusi Start Up dan Soak Time pada Kendaraan Pribadi

Distribusi *Start Up* memiliki pengaruh terhadap emisi yang dikeluarkan pada knalpot kendaraan. Menurut U.S EPA dalam Andrew *et al.* (2014), kondisi temperatur rendah ( $2^{\circ}\text{C}$  -  $31^{\circ}\text{C}$ ) 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 *et al.*, 2009).

Berdasarkan data hasil dari kuesioner dapat diketahui bahwa rata-rata jumlah *start up* mobil pribadi pada *weekday* sebanyak 4 kali dalam sehari sedangkan pada *weekend* sebanyak 5 kali dalam sehari. Kemudian untuk motor pribadi, jumlah *start up* pada *weekday* sebanyak 4 kali dalam sehari sedangkan pada *weekend* sebanyak 6 kali dalam sehari.

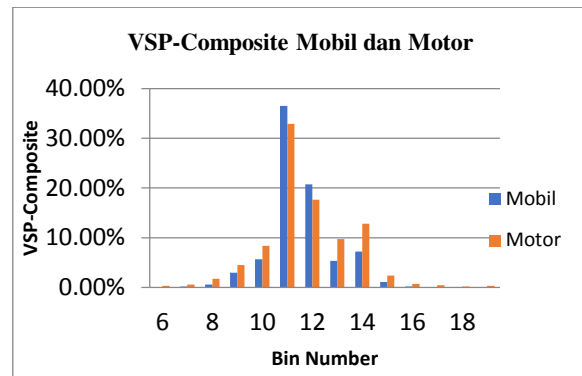
**Tabel 7. Distribusi Soak Time Pada Mobil dan Motor Pribadi Ketika Weekday dan Weekend**

Soak Time	Persentase (%)			
	Mobil		Motor	
	Weekday	Weekend	Weekday	Weekend
15min	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
30min	0.0%	0.0%	0.0%	20,0%
1hr	25.0%	66,67%	25.0%	40,0%
2hr	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3hr	25.0%	0.0%	25.0%	0.0%
4hr	25.0%	0.0%	25.0%	0.0%
6hr	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
8hr	25.0%	0.0%	25.0%	20%
12hr	0.0%	33,33%	0.0%	0.0%
18hr	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Sumber : Analisis Penulis, 2017

### 8. Nilai Bin Mobil dan Motor Pribadi

Gambar 3 merupakan grafik yang menunjukkan nilai distribusi nomor Bin untuk mobil dan motor pribadi berdasarkan hasil dari perhitungan VSP dan *Engine Stress*.



**Gambar 3. Grafik Nilai VSP-Composite Berdasarkan Nomor Bin**

Sumber : Analisis Penulis, 2017

### 9. Hasil Perhitungan Emisi Gas Konvensional dan GRK

#### a) Emisi Kendaraan Pribadi Ketika Start Up

Menurut Davis, 2008 dalam IVE Model Users Manual Version 2.0, efek yang paling mendominasi adalah saat mesin kendaraan mengalami kondisi diantara *soak time* (kondisi mesin kendaraan mati) hingga mesin mengalami *engine start* (kondisi mesin mulai dinyalakan). Pada Tabel 8 merupakan hasil estimasi emisi  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ , CO dan PM saat mobil dan motor pribadi melakukan *start up* dengan menggunakan model *International Vehicle Emission (IVE)*.

**Tabel 8. Emisi  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ , CO dan PM pada Mobil dan Motor Ketika Start Up**

Jenis Kendaraan	Emisi Ketika Start Up (Ton/Tahun)			
	$\text{SO}_x$ (g)	$\text{NO}_x$ (g)	CO (g)	PM (g)
Mobil	0.287	27.086	469.583	1.565
Motor	1.420	109.149	2903.524	2.660

Sumber : Analisis Penulis, 2017

Berdasarkan Tabel 8, hasil perhitungan jumlah emisi  $\text{SO}_x$ , CO,  $\text{NO}_x$  dan PM pada mobil dan motor pribadi ketika *start up*, maka diperoleh hasil bahwa emisi CO pada motor pribadi ketika *start up* merupakan emisi paling tinggi dibandingkan dengan



emisi udara lainnya yaitu sebesar 2903,524 Ton/Tahun.

**b) Emisi Kendaraan Pribadi Ketika Running**

Menurut Morlok (1991), keberadaan gas polutan di udara yang dihasilkan dari kegiatan transportasi sangat dipengaruhi oleh bentuk atau kebiasaan berkendara dari pengguna jasa lalu lintas, seperti volume dan kecepatan lalu lintas tersebut.

Pola berkendara sangat mempengaruhi jumlah pelepasan senyawa-senyawa pencemar dan memiliki hubungan yang signifikan dengan konsumsi bahan bakar pada kendaraan. (Hooker, J.N., 1988). Pola berkendara dengan besarnya frekuensi jalan-berhenti yang umumnya terjadi di persimpangan, membutuhkan bahan bakar semakin besar bila dibandingkan dengan pola berkendara yang berjalan dengan kecepatan konstan untuk semua jenis motor, baik berbahan bakar bensin maupun diesel (Soedomo, 2001).

Pada Tabel 9 merupakan hasil estimasi emisi SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO dan PM pada mobil dan motor pribadi saat *running* dengan menggunakan *Model International Vehicle Emission (IVE)*.

**Tabel 9. Emisi SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO dan PM pada Mobil dan Motor Ketika Running**

Jenis Kendaraan	Emisi Ketika Running (Ton/Tahun)			
	SO <sub>x</sub> (g)	NO <sub>x</sub> (g)	CO (g)	PM (g)
Mobil	27.68 8	236.61 1	2607.4 15	12.3 09
Motor	176.0 32	1020.0 49	16658. 149	18.0 08

Sumber : Analisis Penulis, 2017

Berdasarkan Tabel, hasil perhitungan jumlah emisi SO<sub>x</sub>, CO, NO<sub>x</sub> dan PM pada mobil dan motor pribadi ketika *running*, maka diperoleh hasil bahwa emisi CO pada motor pribadi ketika *running* merupakan emisi paling tinggi dibandingkan dengan emisi udara lainnya yaitu sebesar 16648,149 Ton/Tahun.

**KESIMPULAN**

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

- 1) Berdasarkan hasil dari kuesioner dan *GPS Survei* mengenai data karakteristik kendaraan pribadi dapat disimpulkan sebagai berikut :
  - a. Jenis mesin kendaraan pada mobil dan motor pribadi di Kota Semarang paling banyak menggunakan mesin Injeksi tipe *Multi-Pt FI*
  - b. Jenis pengelolaan gas buang (*exhaust type*) pada mobil pribadi di Kota Semarang paling banyak menggunakan standar emisi *Euro 2* sedangkan untuk motor pribadi menggunakan standar emisi *Euro 2* dan *Euro 3*.
  - c. Jenis bahan bakar pada mobil dan motor pribadi di Kota Semarang paling banyak menggunakan bahan bakar bensin.
  - d. Distribusi umur kendaraan mobil pribadi di Kota Semarang paling banyak memiliki rata-rata umur 3 tahun sedangkan motor pribadi paling banyak pada umur 1 tahun.
  - e. Nilai *Vehicle Kilometer Transport (VKT)* pada mobil pribadi di Kota Semarang sebesar 42 km/hari sedangkan motor pribadi sebesar 40 km/hari.
  - f. Rata-rata kecepatan mobil dan motor pribadi di Kota Semarang mengalami perubahan kecepatan/tidak konstan dari waktu ke waktu.
  - g. Rata-rata jumlah *start up* mobil dan motor pribadi di Kota Semarang pada waktu *weekday* dan *weekend* adalah 3-5 kali dalam sehari.

- 2) Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan model *International Vehicle Emission Model (IVE)* maka dapat disimpulkan bahwa hasil emisi udara konvensional SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO dan PM pada motor pribadi baik ketika *start up* maupun *running* lebih besar dibandingkan dengan emisi yang dihasilkan pada mobil pribadi. Kemudian parameter emisi udara konvensional yang dihasilkan oleh mobil dan motor pribadi paling besar adalah CO.

**5.2 Saran**

1. Penelitian ini perlu dikembangkan untuk perhitungan beban emisi kendaraan pribadi yang tidak hanya melewati jalan arteri saja,

namun juga mempertimbangkan beban emisi kendaraan pribadi yang melewati jalan *residensial* dan *highway* agar diperoleh hasil perhitungan emisi yang lebih akurat.

2. Perlu penggunaan alat *VOCE* dalam menentukan distribusi *start up* pada kendaraan pribadi dan tidak hanya terbatas dari hasil kuesioner saja sehingga perhitungan emisi kendaraan saat *start up* bisa lebih akurat lagi.
3. Perlu ketelitian dalam menentukan klasifikasi karakteristik jenis kendaraan pribadi dan penentuan pola mengemudi kendaraan untuk mengurangi *human error* yang mungkin saja dapat terjadi.

### Daftar Pustaka

- Abner, A.T., 2007. *Estimasi Emisi Kendaraan di Beberapa Ruas Jalan Kota Medan*. Sekolah Pascasarjana. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Andi, 2013. *Bahan Bakar dan Oli*. <http://andi.staf.narotama.ac.id>. Diakses tanggal 4 Agustus 2016.
- Andrew, R., Richard, B., Philip, S., 2014. *Kingdom Internal combustion engine cold-start efficiency: A review of the problem, causes and potential solutions*. Elsevier. <http://www.elsevier.com/locate/econmand>
- Anonim. 1997. *Undang-Undang No. 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Kementerian Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Anonim. 1999. *Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara*. Republik Indonesia, Jakarta.
- Anonim. 2002. *Keputusan Menteri Kesehatan No. 1407 Tahun 2001 tentang Pedoman Pengendalian Dampak Pencemar Udara*. Republik Indonesia, Jakarta.
- Anonim. 2003. *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 141 Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru Dan Kendaraan Bermotor Yang Sedang Diproduksi (Current Production)*. Menteri Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Anonim. 2003. *Pune Vehicle Activity Study*. University of California at Riverside. *Global Sustainable Systems Research, California*.
- Anonim. 2004. *RSNI Geometri Jalan Perkotaan*. RSNI T-14-2004. Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. 2004. *Undang-Undang No. 38 Tahun 2004 tentang Jalan*. Republik Indonesia, Jakarta.
- Anonim. 2005. *Clean Car for NSW*. ISBN 1 74137 107 4. Department of Environment & Conservation (NSW).
- Anonim. 2005. *Rencana Strategi Departemen Kesehatan*. Departemen Kesehatan R.I, Jakarta.
- Anonim. 2006. *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama*. Kementerian Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Anonim. 2007. *Sistem Pemantauan Kualitas Udara Ambien di Provinsi DKI Jakarta*. Naskah Akademik, Jakarta.
- Anonim. 2007. *Jurnal Ilmiah Populer dan Teknologi Terapan*. Diterbitkan Oleh Program Studi D3 Teknik Mesin. Jurusan Teknik. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang.
- Anonim. 2009. *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 04 Tahun 2009 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Baru*. Kementerian Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Anonim. 2011. *Peraturan Daerah No. 14 tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Semarang Tahun 2011-2031*. Pemerintah Daerah Kota Semarang.

- Anonim. 2012. *Peraturan Pemerintah No 55 Tahun 2012 tentang Kendaraan*. Republik Indonesia, Jakarta.
- Anonim. 2013. *Pedoman Teknis Penyusunan Inventarisasi Emisi Pencemar Udara di Perkotaan*. Kementerian Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Anonim. 2016. *Statistik Daerah Kota Semarang 2016*. Badan Pusat Statistik Kota Semarang. 2016, Semarang.
- Anonim. *Spesifikasi Premium*. <http://www.pertamina.com/>. Diakses pada Tanggal 2 Februari 2017.
- Anonim. *Spesifikasi Solar*. <http://www.pertamina.com/>. Diakses pada Tanggal 2 Februari 2017.
- Arthur C.S., 1984. *Fundamentals of Air Pollution*. London: Academic Press, Inc.
- Arya, W.W., 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Cetakan Keempat. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Carbajo, J.C., Faiz, 1994. *Vehicle emissions Control : some policy options for developing countries*. The Science of The Total Environment, 146/147, 11-18.
- Chrysler, D., 2000, *Common Rail Diesel Injection (CDI), Sistem Injeksi Bahan Bakar Diesel, Edisi 1*, Central Training Departement PT. DaimlerChrysler Distribution Indonesia, Jakarta Indonesia.
- Daly, A. and Zannetti, P., 2007. *Air Pollution Modeling – An Overview*. Chapter 2 of *AMBIENT AIR POLLUTION* (P. Zannetti, D. Al-Ajmi, and S. Al-Rashied, Editors). Published by The Arab School for Science and Technology (ASST) (<http://www.arabschool.org.sy>) and The EnviroComp Institute (<http://www.envirocomp.org/>).
- Davis, N., 2008. *IVE Model Users Manual Version 2.0*.
- Elzi, W., 2014. *Analisis Besaran Emisi Kendaraan Truk dengan menggunakan Program IVEM Pada Ruas Jalan erteri di Kota Makasar*. Jurusan Sipil Fakultas Teknik. Universitas Hasanuddin, Makasar.
- Fardiaz, S., 1992. *Polusi Air & Udara*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Guo, H., 2007. *Evaluation of The International Vehicle Emission (IVE) Model with On-Road Remote Sensing Measurements*. Zheijang University. Hangzhou, China.
- Hickman A. J., 1999. *Methodology for Calculating Transport Emissions and Energy Consumption, Transport Research Laboratory*.
- Catalog, H., *Mengenal Standar Emisi EURO dan Penerapannya di Indonesia*. <http://www.ototainment.com/2016/03/23/12009/>. Diakses pada Tanggal 2 Februari 2017.
- Hooker, J.N., 1988. *Optimal Driving for Single Vehicle Fuel Economy*. Transportation Research Part A, Vol.22A, No.3, pp 183-201.
- Gerianto, I., *Optimalisasi Rasio Exhaust Gas Recirculation (EGR) Pada Berbagai Pembebanan Motor Diesel Dengan Pemodelan Simulasi*. FTK-ITS, Surabaya.
- JICA, 2004. *Study of Integrated Transportation Master Plan for Jabodetabek (SITRAM Phase II)*.
- Mrihardjono, J., Sinaga, N., 2011. *Penguian Model Driving Cycle Kendaraan Honda City Berbahan Bakar Premium*. Semarang, Universitas Diponegoro Semarang.
- Katara, P., 2013. *Review paper on catalytic Converter for Automobile Exhaust Emission*. Departement of mechanical Engineering. National Institute of Technology, India.
- Karthikeyan, G., Ramajayam, M., Pannirselvam, A., 2013. *Design And Fabrication of an Electronic fuel Injection Kit for a Conventional Small Capacity SI Engine*.

- International Journal of Engineering and Advanced Tech.
- Lynge, E., Andersen, A., Nilsson, R., Barlow, L., Pukkala, E., Nordlinder, R., Boffetta, P., Grandjean, P., Heikkila, P., Horte, L., Jakobsson, R., Lundberg, I., Moen, P., Partanen, T., Riise, T., 1997. *Risk of Cancer and Exposure to Gasoline Vapors. Am J of Epidemiol.*, 145: 449-58.
- Morlok, K. E., 1991. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Morlok, K. E., 1995. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Penerbit Erlangga.
- Musfirah. N., Abdullah, B., Suryani, S., Wahab, W., *Pengaruh Sistem Pembakaran Terhadap Jenis Dan Konsentrasi Gas Buang Pada Sepeda Motor 110cc Silinder Tunggal / Mendatar Dengan Sistem Pengapian DC (Direct Current)*. Universitas hasanuddin, Makasar.
- Purwani, A., 2004. *Studi Pengaruh Umur Mesin, Jarak Tempuh, dan Perawatan Kendaraan Bermotor Roda Empat Berbahan Bakar Bensin terhadap Konsentrasi Emisi CO (Studi Kasus: Kendaraan Instansi Kota Semarang)*. Laporan Tugas Akhir. Program Studi Teknik Lingkungan Undip, Semarang.
- Purwanto, C.P., 2015. *Inventarisasi Emisi Sumber Bergerak Di Jalan (On Road) Denpasar*. Universitas Udayana, Kota Denpasar.
- Sihombing, A. L., (2008). *Inventori Emisi Gas Rumah Kaca (CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>) dari Sektor Transportasi dengan Pendekatan Jarak Tempuh Kendaraan dan Konsumsi Bahan Bakar*. Jurnal Edisi Khusus: Lingkungan Tropis, Halaman 101-112. Program Studi Teknik Lingkungan-ITB. Bandung.
- Soemirat, J., 2002. *Kesehatan Lingkungan*, Gajahmada University Press, Yogyakarta.
- Soedomo, M., 1999. *Kumpulan Karya Ilmiah Pencemaran Udara*. ITB. Bandung.
- Soedomo, M., 2001. *Pencemaran Udara*. Bandung: ITB. Bandung.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 1993. *Extreme Low-Temperature Cold Starts*. Washington DC, U.S.A.
- Yung- Chen You *et al.*, 2009. *Comparison of Exhaust Emissions Resulting from Cold- and Hot-Start*. Journal of the Air & Waste Management Association.
- Lynge E, Danersen A, Nilsson R *et al.*, 1997. *Risk of Cancer and Exposure to Gasoline Vapors. Am J of Epidemiol.*, 145: 449-58.