

## DAMPAK NEGATIF PARTIKEL DEBU DAN TIMBAL DALAM GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR TERHADAP KESEHATAN MASYARAKAT DI KABUPATEN BANTUL

Oleh:  
Endah Saptutyingsih<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Fakultas Ekonomi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

### ABSTRACT

*This economic valuation research proposes to determine health cost that impacted by  $PM_{10}$  and Tetra Etal Lead (Pb) on air pollution, estimate revenue counted from air quality changing from 25%  $PM_{10}$  and Pb descent in Bantul. Economic valuation of air pollution impacted by vapor from auto vehicle gasoline to people health is counted by determining 4 factors: dose response coefficient, number of people who impacted, pollutant changing which measured, and economic valuation to health. Function response exposure method is applied to detect the impact of how many people will change if pollution was changed. This research shows, by dose response function method, the most accentuate of health people impacted by  $PM_{10}$  pollution on 2007 is non-working cases and throat irritation cases.*

**Keyword:** dose response function, exposure response function,  $PM_{10}$

### PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi dan kualitas kehidupan manusia di masa mendatang sangat dipengaruhi oleh kualitas lingkungan hidup sekarang, termasuk kualitas udara. Peran satu miliar orang paling kaya dan satu miliar orang miskin menyebabkan degradasi lingkungan lebih besar daripada 3,2 miliar penduduk dunia berpenghasilan menengah. Kedua kelompok ini paling bertanggung jawab terhadap kerusakan lingkungan global (Todaro, 2000).

Berbagai jenis alat transportasi, terutama kendaraan bermotor setiap hari memadati jalan-jalan di perkotaan sebagai pusat kegiatan ekonomi (*central business district*). Fenomena ini juga terjadi di Kabupaten Bantul dimana banyak terdapat pusat-pusat perdagangan dan pendidikan yang menunjang perekonomian daerah. Jumlah kendaraan bermotor di Kabupaten Bantul pada tahun 2002 sebesar 168868 kendaraan merupakan jumlah tertinggi ketiga di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Jika dibandingkan dengan empat kabupaten lainnya, jenis kendaraan yang mendominasi di Kabupaten Bantul adalah sepeda motor yaitu sebesar 84,75% dari seluruh jenis kendaraan. Hal ini dapat dibenarkan karena banyaknya industri menengah ke bawah di Kabupaten Bantul yang kebanyakan karyawannya menggunakan sepeda motor, begitu juga banyak buruh bangunan yang bekerja diluar Kabupaten Bantul menggunakan alat transportasi sepeda motor menuju ke tempat kerja. Jumlah kendaraan di propinsi di daerah Istimewa Yogyakarta selalu mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Dari tahun 1998 sampai dengan 2002 jumlah kendaraan bermotor mengalami peningkatan sebesar 32,82%. Hal ini tidak lepas dari dampak yang ditimbulkan

akibat meningkatnya jumlah kendaraan bermotor, terutama polusi udara.

Khususnya di Kabupaten Bantul sendiri terjadi peningkatan yang cukup signifikan dari tahun ke tahun. Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor meningkat dari tahun 2005 sampai 2007, yaitu dari 4,7% menjadi 14,7%. Hal ini tidak lepas dari dampak yang ditimbulkan akibat meningkatnya jumlah kendaraan bermotor, terutama polusi udara.

Dampak polusi udara yang paling berbahaya bagi kesehatan masyarakat adalah timbal (*lead*) yang dihasilkan oleh gas buang kendaraan bermotor dan partikel debu ( $PM_{10}$ ). Timbal yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor akibat penggunaan bahan bakar. Bahan bakar tersebut mengandung timbal yang tidak dapat dihilangkan dalam proses pembakaran mesin kendaraan bermotor.

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengukur besarnya biaya kesehatan akibat polusi udara yang disebabkan oleh  $PM_{10}$  dan timbal dengan perhitungan ekonomi
2. Melakukan estimasi tentang keuntungan yang diperoleh karena perubahan kualitas udara dengan penurunan 25 persen kandungan  $PM_{10}$  dan timbal di Kabupaten Bantul

### METODE PENELITIAN DAN ANALISIS

#### 1. Jenis Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari beberapa sumber, yaitu Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Propinsi DIY, Dinas Kesehatan Kabupaten Bantul, Badan Pusat Statistik Propinsi DIY, BAPEDALDA Propinsi DIY, Kantor

Pengendalian Dampak Lingkungan Kabupaten Bantul, dan Polres Kabupaten Bantul. Data yang digunakan adalah baku mutu timbal dan  $PM_{10}$  untuk Kabupaten Bantul dan kandungan timbal dan  $PM_{10}$  di udara di berbagai titik lokasi di Kabupaten Bantul.

Data yang digunakan untuk valuasi ekonomi adalah biaya kesehatan di Amerika tahun 2007, GNP per kapita Indonesia dan Amerika tahun 2007 untuk menghitung rasio paritas daya beli (*purchasing power parity*), dan nilai tukar rupiah terhadap dolar Amerika (kurs) tahun 2007.

## 2. Definisi Operasi Variabel

- a. Kendaraan bermotor adalah kendaraan yang digerakkan dengan motor yang diijinkan untuk beroperasi di jalan raya oleh badan yang berwenang (*Salt Like City-County, Health Departemant, USA, 1998*).
- b. Gas buang kendaraan bermotor adalah zat atau bahan pencemar yang dikeluarkan langsung dari pipa pembuangan pada kendaraan bermotor (pasal 1, ayat 1, Kep.Men LH 1993).
- c. Kesehatan masyarakat diproksi dengan dampak penyakit yang diderita masyarakat akibat polusi udara, khususnya akibat  $PM_{10}$  dan timbal. Dampak kesehatan akibat  $PM_{10}$  dihitung dengan perawatan rumah sakit; kunjungan gawat darurat, jumlah hari tidak bekerja pada orang dewasa, gangguan pernapasan pada anak-anak yang berusia dibawah 18 tahun, asma, gangguan saluran pernapasan, bronkhitis kronis, dan kematian dini (Ostro, 1994). Dampak kesehatan akibat timbal dihitung dengan penurunan IQ pada anak, hipertensi, jantung koroner, dan kematian dini.
- d. Timbal atau plumbum adalah logam berwarna kelabu keperakan yang sangat beracun dan tidak memiliki nilai gizi. Beberapa pakar yakin bahwa penggunaan timah secara ekstensif sebagai bahan pengawet minuman anggur di zaman Romawi Kuno mengakibatkan kemunduran mental dan merupakan salah satu faktor penyebab keruntuhan kerajaan tersebut.
- e. Benda partikulat (*Particulate Matter=PM*) adalah partikel-partikel amat kecil dan halus yang dapat menembus ke dalam paru-paru yang hanya dilindungi oleh dinding tipis setebal molekul. Asap dan jelaga adalah contoh benda partikulat. Biasanya disebut sebagai  $PM_{10}$  karena benda partikulat tersebut berukuran lebih kecil daripada 10 mikron. Kebanyakan partikel halus itu bersal dari senyawa sulfur dan nitrogen yang dalam selang waktu beberapa jam atau beberapa hari berubah dari gas menjadi padat.

## 3. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Bantul, dimana banyak terdapat pusat-pusat kegiatan ekonomi dan obyek wisata. Selain itu, karena banyaknya industri menengah ke bawah di

Kabupaten Bantul yang kebanyakan karyawannya menggunakan sepeda motor, begitu juga banyak buruh bangunan yang bekerja di luar Kabupaten Bantul menggunakan alat transportasi sepeda motor menuju ke tempat kerja.

## 4. Metode Analisis Dampak

Polusi udara menimbulkan dampak yang buruk bagi kesehatan. Penilaian terhadap dampak ini seringkali dihindari karena adanya kesulitan untuk menetapkan dampak yang secara langsung mempengaruhi kesehatan atau kesulitan dalam menetapkan penilaian moneter pada dampak tersebut, baik terhadap kesehatan maupun produktivitas (Dixon, 1996).

## 5. Metode Analisis Ekonomi

Penilaian ekonomi, menurut ADB (1996: 203) dalam penelitian Harmaini (1996), dapat dilakukan setelah penyaringan dampak, dengan pendekatan *willingness to pay (WTP) dan cost of illness (COI)*. Nilai moneter per kasus dengan kedua pendekatan tersebut diperoleh dengan penyesuaian paritas daya beli (*purchasing power parity*) negara yang bersangkutan (Lvovsky, 1998). Nilai moneter ini dikalikan dengan jumlah kasus terhadap setiap jenis dampak, kemudian hasilnya dijumlahkan. Nilai akhir yang diperoleh merupakan total dampak kesehatan setiap perubahan kualitas udara.

## 6. Alat Analisis

Alat analisis pertama dalam analisis ini adalah *Dose-Response Functions*. Penelitian yang menggunakan metode *dose response* kebanyakan dilakukan di negara-negara industri (Lvovsky, 1998). Walaupun demikian, metode ini dapat digunakan di negara berkembang dengan cara ekstrapolasi dan terbukti hasilnya cukup valid. Penilaian ekonomi dampak polusi udara akibat gas buang kendaraan bermotor terhadap kesehatan masyarakat dilakukan dengan menentukan empat faktor utama yaitu koefisien *dose-response*, jumlah penduduk yang terkena dampak, perubahan polutan yang diukur, dan penilaian ekonomi terhadap kesehatan.

Tahap pertama adalah mengestimasi dampak polusi udara pada kesehatan masyarakat dengan menghitung koefisien *dose-response*. Besarnya koefisien *dose-response* menggambarkan estimasi perubahan yang terjadi pada kasus kesehatan masyarakat dengan perubahan pada kualitas udara. Tahap selanjutnya adalah mengalikan koefisien *dose-response* dengan jumlah penduduk yang terkena dampak polusi udara. Dampak polusi udara timbul pada semua penduduk atau sebagian, seperti kelompok anak-anak atau kelompok orang dewasa saja. Tahap ketiga adalah menghitung dampak kesehatan akibat polusi udara dengan menggunakan penghitungan perubahan kualitas udara. Perubahan aktual tergantung pada standar

kualitas udara yang digunakan dan data yang diperoleh. Standar kualitas udara biasanya mengacu pada standar okal yang ditetapkan suatu negara, standar *Environmental Protection Agency* (EPA) Amerika Serikat, dan standar *World Health Organization* (WHO). Perubahan kualitas udara juga dapat dihitung dengan membuat persentase terhadap penurunannya, misalnya 10 persen. Metode ini mengasumsikan bahwa perubahan polusi udara adalah proporsi sederhana terhadap perubahan gas buang kendaraan bermotor, diasumsikan dapat menurunkan kandungan polutan dalam udara dan dampaknya terhadap kesehatan masyarakat sebesar 10 persen.

Ostro (1996) dalam beberapa penelitiannya, menggunakan metode ini untuk melakukan estimasi dampak kesehatan akibat polusi udara. Metode ini disebut *dose-response relationship* karena merupakan hubungan (*relationship*) antara konsentrasi polutan (*dose*) dan dampaknya secara fisik (*response*) terhadap kesehatan masyarakat. Persamaan matematisnya adalah (Ostro, 1994):

$$dH_i = b_i \times POP_i \times dA$$

di mana,

$dH_i$  adalah perubahan resiko kesehatan masyarakat di daerah I,

$b_i$  adalah koefisien *dose-response* terhadap kesehatan masyarakat di daerah I,

$POP_i$  adalah masyarakat di daerah i yang terkena resiko kesehatan,

$dA$  adalah perubahan polutan udara dibawah ambang batas.

Dampak kesehatan masyarakat dibagi menjadi dua bagian, yaitu *mortality* (kematian) dan *morbidity* (kesakitan).

Tahap terakhir adalah melakukan penilaian ekonomi dengan menghitung estimasi manfaat yang diperoleh terhadap kesehatan masyarakat. Penilaian ekonomi berdasarkan estimasi *willingness to pay* (kemauan untuk membayar) untuk menurunkan resiko yang mengakibatkan *premature mortality*. Sedangkan pendekatan *cost of illness* (biaya kesehatan) digunakan dalam melakukan penilaian ekonomi untuk mengestimasi perubahan pada *morbidity*.

Berbagai penelitian terdahulu mengungkapkan variasi koefisien estimasi *dose-response*. Koefisien estimasi atas dan bawah mencerminkan batas dampak kesehatan aktual, yang menitikberatkan pada koefisien estimasi tengah. Penelitian ini hanya memusatkan pada dampak polusi udara terhadap kesehatan. Dampak yang berakibat pada non kesehatan seperti kerusakan bangunan, kerusakan vegetasi, dan degradasi lingkungan tidak dibahas. Pada kesehatan, dampak  $PM_{10}$  dijelaskan berikut ini.

#### a. Kematian Dini (*Premature mortality*)

Kematian dini yang disebabkan oleh tingginya kandungan  $PM_{10}$  di udara merupakan

salah satu masalah utama. Beberapa literatur mengungkapkan bahwa penelitian tentang dampak  $PM_{10}$  terhadap kematian dini memperlihatkan hasil yang konsisten. Estimasi tengah bagi dampak perubahan  $PM_{10}$  sebanyak  $10\mu g/m^3$  adalah 0,96 persen yang merupakan nilai rata-rata dari variasi estimasi antara 0,31 persen dan 1,49 persen. Beberapa penelitian lainnya menyatakan bahwa perubahan 10 persen  $PM_{10}$  menyebabkan perubahan 1 persen pada kematian. Estimasi tengahnya adalah 1,30 persen yang merupakan nilai rata-rata variasi estimasi sebesar 0,33 persen dan 2,06 persen. Dengan menggunakan asumsi tingkat kematian kasar, estimasi dampak polusi udara terhadap kematian karena perubahan  $PM_{10}$  dijelaskan bahwa persentase perubahan kematian =  $0,096 \times$  perubahan  $PM_{10}$ ,

Koefisien atas persentase perubahan kematian adalah 0,130 dan koefisien bawahnya 0,062. Estimasi tengah pada kasus kematian dini dihitung sebagai berikut:

Perubahan kematian =  $0,096 \times$  perubahan  $PM_{10} \times 1/100 \times$  tingkat kematian kasar  $\times$  jumlah penduduk

Bila tingkat kematian kasar diasumsikan sebesar 0,007, maka perubahan kematian per orang adalah:

Estimasi atas =  $9,10 \times 10^{-6} \times$  perubahan  $PM_{10}$

Estimasi tengah =  $6,72 \times 10^{-6} \times$  perubahan  $PM_{10}$

Estimasi bawah =  $4,47 \times 10^{-6} \times$  perubahan  $PM_{10}$

#### b. Kesakitan (*Morbidity*)

Dampak penyakit yang ditimbulkan oleh polusi udara dihitung dengan

1) Perawatan rumah sakit (*respiratory hospital admissions* = RHA)

Estimasi atas =  $15,6 \times 10^{-6} \times$  perubahan  $PM_{10}$

Estimasi tengah =  $12 \times 10^{-6} \times$  perubahan  $PM_{10}$

Estimasi bawah =  $6,57 \times 10^{-6} \times$  perubahan  $PM_{10}$

2) Kunjungan gawat darurat (*emergency room visits* = EVR)

Estimasi atas =  $342,5 \times 10^{-6} \times$  perubahan  $PM_{10}$

Estimasi tengah =  $234,5 \times 10^{-6} \times$  perubahan  $PM_{10}$

Estimasi bawah =  $128,3 \times 10^{-6} \times$  perubahan  $PM_{10}$

3) Jumlah hari tidak bekerja orang dewasa (*restricted activity days* = RAD)

Estimasi atas =  $0,0903 \times$  perubahan  $PM_{10}$

Estimasi tengah =  $0,0575 \times$  perubahan  $PM_{10}$

Estimasi bawah =  $0,0404 \times$  perubahan  $PM_{10}$

4) Gangguan pernapasan pada anak (*lower respiratory illness in children* = LRI)

Estimasi atas =  $0,0238 \times$  perubahan  $PM_{10}$

Estimasi tengah =  $0,00169 \times$  perubahan  $PM_{10}$

Estimasi bawah =  $0,0008 \times$  perubahan  $PM_{10}$

5) Penyakit asma (*asthma attacks* = Aas)  
 Estimasi atas = 0,273\* perubahan PM<sub>10</sub>  
 Estimasi tengah = 0,0326\* perubahan PM<sub>10</sub>  
 Estimasi bawah = 0,0163\* perubahan PM<sub>10</sub>

6) Penyakit saluran pernafasan (*respiratory symphoton* = RS)  
 Estimasi atas = 0,274\* perubahan PM<sub>10</sub>  
 Estimasi tengah = 0,183\* perubahan PM<sub>10</sub>  
 Estimasi bawah = 0,091\* perubahan PM<sub>10</sub>

7) Bronkitis kronis (*chronic bronchitis* = CB),  
 Estimasi atas = 91,8\* 10<sup>-6</sup>\* perubahan PM<sub>10</sub>  
 Estimasi tengah = 61,2\* 10<sup>-6</sup>\* perubahan PM<sub>10</sub>  
 Estimasi bawah = 30,6\* 10<sup>-6</sup>\* perubahan PM<sub>10</sub>

Timbal dihasilkan oleh kendaraan bermotor dari sumber yang stasioner termasuk cairan primer dan sekunder dan daur ulang baterai. Timbal ini dikeluarkan oleh kendaraan bermotor akibat penggunaan bahan bakar yang didalamnya terdapat kandungan timbal, tidak dapat dihilangkan dalam proses pembakaran mesin kendaraan bermotor.

Timbal menyatakan kematian dini dan dampak klinis terhadap kesehatan karena terdapat kandungan timbal dalam darah manusia. Pada orang dewasa, kandungan timbal dalam darah ini menyebabkan penyakit hipertensi dan jantung koroner. Sedangkan pada anak-anak, kandungan timbal dalam darah menyebabkan penurunan tingkat kecerdasan (IQ=*intelligent question*). Pada kesehatan, dampak timbal, dijelaskan berikut ini.

#### a. Kematian dini (*Premature Mortality*)

Estimasi *mortality* akibat kandungan timbal digunakan perhitungan:

Estimasi atas = 20\* 10<sup>-5</sup>\* perubahan timbal  
 Estimasi tengah = 35\* 10<sup>-5</sup>\* perubahan timbal  
 Estimasi bawah = 65\* 10<sup>-5</sup>\* perubahan timbal

#### b. Kesakitan (*Morbidity*)

##### 1) Hipertensi

Estimasi perubahan pada hipertensi akibat perubahan kandungan timbal di udara yang menimbulkan dampak kesehatan, digunakan perhitungan:

Estimasi atas = 4.480\* 10<sup>-5</sup>\* perubahan timbal  
 Estimasi tengah = 7.260\* 10<sup>-5</sup>\* perubahan timbal  
 Estimasi bawah = 9.780\* 10<sup>-5</sup>\* perubahan timbal

##### 2) Jantung Koroner

Resiko terkena penyakit jantung koroner akibat timbal, merupakan perubahan fungsi dari tekanan darah distolik. Dampak jantung koroner akibat kandungan timbal digunakan perhitungan:

Estimasi atas = 18\* 10<sup>-5</sup>\* perubahan timbal  
 Estimasi tengah = 34\* 10<sup>-5</sup>\* perubahan timbal  
 Estimasi bawah = 50\* 10<sup>-5</sup>\* perubahan timbal

### 3). Penurunan IQ

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa dampak penurunan perkembangan syaraf otak, diantaranya adalah (Dixon, 1996):

- Penurunan tingkat kecerdasan
- Kehilangan daya ingat dalam jangka pendek
- Kemampuan membaca dan menulis di bawah rata-rata
- Ketidakseimbangan fungsi motorik visual
- Kemampuan berhubungan dengan orang lain rendah
- Kemampuan bekerjasama dalam kelompok rendah, dan
- Ketidakseimbangan pada waktu memberikan reaksi

Hubungan antara kandungan timbal dalam darah dan IQ dapat diasumsikan dengan persamaan:

$$\Delta IQ = 0.975 * (PbA_2 - PbA_1)$$

di mana,

$\Delta IQ$  adalah penurunan IQ pada anak-anak

$PbA_1$  adalah baku mutu timbal

$PbA_2$  adalah kandungan timbal di udara

Metode analisis kedua adalah Metode *Exposure-Response Functions* digunakan untuk mengetahui dampak perubahan jumlah penduduk terhadap perubahan polusi. Metode ini menggunakan kombinasi distribusi penduduk dan kualitas udara di suatu wilayah. Hubungan *exposure-respons* diperoleh dari informasi epidermiologi dan pengukuran kualitas udara oleh stasiun pemantau. Secara statistik, hubungan *exposure-respons* menunjukkan beberapa faktor hubungan sebab-akibat (*cause-effect chain*) antara dampak kualitas udara terhadap kesehatan.

Dampak kesehatan ( $y$ ) adalah fungsi dari derajat perubahan kesehatan dan perubahan tingkat polutan di udara ( $\Delta C$ ). Perhitungan terhadap perubahan dampak kesehatan ( $\Delta y$ ) berdasarkan pada *exposure-response* (ER) function. Salah satu cara untuk menghindari dampak polusi udara yang berupa *mortality* (kematian dini) dan *morbidity* (kesakitan) adalah dengan menurunkan kandungan polutan dalam udara. Perhitungan yang dilakukan adalah:

$$I = Y \cdot Y_b \cdot C_{popW} \cdot Pop$$

di mana,

$I$  adalah dampak yang ditimbulkan

$Y$  adalah perubahan dampak per unit polutan

$Y_b$  adalah tingkat dampak kesehatan (dampak per 100.000 orang)

$C_{popW}$  adalah perubahan dampak per orang (polutan per orang)

$Pop$  adalah jumlah penduduk (orang)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Dose-Response Function

Dampak kesehatan per kasus dapat dihitung dengan mengetahui koefisien *Dose-Response Function*; perubahan kandungan polutan di udara; dan jumlah penduduk wilayah yang terkena dampak. Tiga alternatif asumsi dampak kesehatan dikemukakan yakni estimasi batas bawah (*lower*), titik tengah (*central*), dan batas atas (*upper*).

Semua perhitungan dalam penelitian ini menggunakan koefisien estimasi sentral. Perubahan kandungan polutan di udara dihitung dari selisih antara baku mutu polutan dengan rata-rata kandungan polutan di udara di Kabupaten Bantul sedangkan jumlah penduduk yang terkena dampak kesehatan dihitung berdasarkan dampak per kasus.

#### a. Analisis Dampak Kesehatan Akibat PM<sub>10</sub>

Koefisien estimasi yang digunakan dalam perhitungan dampak kesehatan karena PM<sub>10</sub> disajikan pada Tabel 1. Rata-rata kandungan PM<sub>10</sub> di udara Kabupaten Bantul pada tahun 2007 sebesar 171,77 µg/m<sup>3</sup>. Bila dibandingkan dengan baku mutunya sebesar 230 µg/m<sup>3</sup>, maka perubahan kandungan PM<sub>10</sub> di udara Kabupaten Bantul sebesar 58,23 µg/m<sup>3</sup>. Kabupaten Bantul pada tahun 2007 memiliki penduduk sebanyak 831.657 orang.

**Tabel 1. Koefisien Estimasi Sentral Dose-Response Function**

Jenis Dampak	Koefisien Estimasi Sentral
Kematian dini	0,00000672
Rawat Rumah Sakit	0,000012
Kunjungan gawat darurat	0,0002354
Jumlah hari tidak kerja	0,0575
Gangguan tenggorokan pada anak	0,00169
Serangan asma	0,0326
Gangguan tenggorokan	0,183
Bronkhitis kronis	0,0000612

Sumber : Dixon (1996)

Menurut Achmadi (1994) dalam Harmaini (1998), kasus jumlah hari tidak bekerja (RAD) hanya dialami oleh penduduk dewasa dan komposisinya diperkirakan sebesar 65 persen dari jumlah penduduk. Sedangkan untuk kasus gangguan tenggorokan pada anak (LRI), yang diaplikasikan untuk penduduk di bawah usia 18 tahun, komposisinya adalah 35 persen dari jumlah penduduk. Kasus serangan asma (AS), menurut Dixon (1996), diperkirakan penderitanya sebesar 8,25 persen dari jumlah penduduk.

Dampak kesehatan yang timbul karena kasus kematian dini adalah:

$$\begin{aligned} \text{Dampak} &= \text{koefisien Dose-Response} * \Delta \text{PM}_{10} * \\ &\quad \Sigma \text{penduduk terkena dampak} \\ &= 0.00000672 * 58,23 * 831.657 \\ &= 325 \text{ kasus} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan dampak perubahan PM<sub>10</sub> terhadap per kasus kesehatan dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil estimasi dampak kesehatan yang disebabkan oleh PM<sub>10</sub> tahun 2007 memperlihatkan bahwa terdapat 325 kasus kematian dini; 581 kasus rawat rumah sakit; 11.400 kunjungan gawat darurat; 1.809.974 jumlah hari tidak bekerja; 28.645 kasus gangguan tenggorokan pada anak; 130.245 kasus serangan asma; 130.245 kasus gangguan tenggorokan; dan 2.964 kasus bronkhitis kronis.

**Tabel 2. Dampak Perubahan PM<sub>10</sub> terhadap Per Kasus Kesehatan, 2007**

Jenis Dampak	Dampak Kesehatan Per Kasus
Kematian dini	325
Rawat Rumah Sakit	581
Kunjungan gawat darurat	11.400
Jumlah hari tidak kerja	1.809.974
Gangguan tenggorokan pada anak	28.645
Serangan asma	130.245
Gangguan tenggorokan	8.862.212
Bronkhitis kronis	2.964

Sumber : data diolah

#### b. Analisis Dampak Kesehatan Akibat Timbal

Koefisien estimasi sentral yang digunakan dalam perhitungan dampak kesehatan karena timbal disajikan pada tabel 3. Rata-rata kandungan timbal di udara Kabupaten Bantul tahun 2007 sebesar 0,656 µg/m<sup>3</sup>. Bila dibandingkan dengan baku mutunya yang sebesar 2 µg/m<sup>3</sup>, maka perubahan kandungan timbal di udara Kabupaten Bantul sebesar 0,344 µg/m<sup>3</sup>. Kasus penurunan IQ diaplikasikan pada anak-anak di bawah usia 18 tahun sebanyak 35 persen dari total penduduk. Kasus hipertensi diaplikasikan untuk penduduk berusia 20-70 tahun sebanyak 60 persen dari total penduduk. Kasus jantung koroner dan kematian dini diaplikasikan pada penduduk berusia 40-59 tahun sebanyak 14 persen total penduduk.

**Tabel 3. Koefisien Estimasi Sentral Dose-Response Function**

Jenis Dampak	Estimasi Sentral
Penurunan IQ	0,975
Hipertensi	0,0726
Jantung koroner	0,00034
Kematian dini	0,00035

Sumber: Dixon (1996)

Hasil perhitungan dampak perubahan timbal terhadap per kasus kesehatan disajikan pada Tabel 4. Hasil estimasi dampak kesehatan yang disebabkan oleh timbal pada tahun 2007 memperlihatkan terdapat 97.628 kasus penurunan IQ pada anak; 12.462 kasus hipertensi; 14 kasus jantung koroner; dan 107 kasus kematian dini.

**Tabel 4. Dampak Perubahan Timbal terhadap Per Kasus Kesehatan, 2007**

Jenis Dampak	Dampak Per Kasus
Penurunan IQ	97.628
Hipertensi	12.462
Jantung koroner	14
Kematian dini	107

Sumber: data diolah

### c. Valuasi Ekonomi

Valuasi ekonomi dampak kesehatan akibat gas buang kendaraan bermotor menggunakan dua pendekatan, yaitu *cost of illness approach* untuk mengestimasi perubahan morbiditas dan *willingness to pay approach* untuk mengestimasi perubahan mortalitas. Valuasi ekonomi dimulai dengan menghitung biaya kesehatan di Amerika sebagai basis data, dengan memperhitungkan laju inflasinya. Dalam penelitian ini hanya dibahas valuasi ekonomi dampak kesehatan yang diakibatkan gas buang kendaraan bermotor pada tahun 2007 sedangkan pada tahun 2008 tidak dibahas karena belum adanya data yang akurat yang dapat dijadikan acuan dalam perhitungan valuasi ekonomi.

Biaya kesehatan di Amerika pada tahun 2002 untuk kasus kematian dini sebesar US\$ 3.414.418 per kasus. Dengan laju inflasi sebesar 2,8 persen per tahun, maka biaya kesehatan tahun 2007 adalah US\$ 3.409.644. Selanjutnya, menghitung rasio *purchasing power parity* sebagai perbandingan biaya kesehatan di Amerika dan Indonesia.

Perhitungan *purchasing power parity* menggunakan perbandingan Gross National Product per capita Indonesia dan Amerika pada tahun 2007. Besarnya rasio *purchasing power parity* pada tahun 2007 adalah 0,0449373. Selain itu, untuk menghitung nilai ekonomi diperlukan nilai tukar Rupiah terhadap Dolar US pada tahun 2007, yaitu US\$ 1 sama dengan Rp 9.386,- .

Nilai ekonomi per kasus dihitung dengan mengalikan biaya kesehatan di US; rasio *purchasing power parity*; dan nilai tukar (kurs). Perhitungan nilai ekonomi per kasus untuk kematian dini akibat PM<sub>10</sub> tahun 2007 adalah:

$$\begin{aligned} \text{Nilai ekonomi} &= \text{rasio paritas daya beli} \times \text{nilai tukar} \\ &\quad \times \text{biaya kesehatan} \\ &= 0,0449373 \times 9.386 \times 3.409.644 \\ &= 1.438.123.501 \end{aligned}$$

Tabel 5 menyajikan valuasi ekonomi dampak kesehatan akibat perubahan PM<sub>10</sub> tahun 2007. Jadi, bila terjadi kenaikan kandungan PM<sub>10</sub> dalam udara ke ambang batas, maka biaya yang harus dikeluarkan untuk kompensasi kesehatan pada kasus kematian dini sebesar Rp. 1.438.123.501 per kasus. Total nilai ekonomi dapat diperoleh dengan mengalikan nilai per kasus dan jumlah kasus untuk masing-masing jenis dampak yang ditimbulkan.

Kasus rawat rumah sakit memerlukan biaya kompensasi sebesar Rp 12.983.058; kunjungan gawat darurat sebesar Rp. 123.664; jumlah hari tidak bekerja sebesar Rp. 27.727; gangguan tenggorokan pada anak sebesar Rp. 156.535; serangan asma sebesar Rp. 47.856; gangguan tenggorokan sebesar Rp. 7.157; dan bronkitis kronis sebesar Rp. 178.898 per kasus. Total biaya kompensasi yang dikeluarkan bila terjadi kenaikan kandungan PM<sub>10</sub> dalam udara sampai ke ambang batas sebesar Rp 601.825.753.569.

**Tabel 5. Valuasi Ekonomi Dampak Perubahan PM<sub>10</sub>, 2007**

Jenis Dampak	Biaya Kesehatan Per Kasus (Rp)	Total (Rp)
Kematian dini	1.438.123.501	468.011.466.526
Rawat Rumah Sakit	12.983.058	7.544.826.781
Kunjungan gawat darurat	123.664	1.409.748.457
Jumlah hari tidak kerja	27.727	50.185.175.992
Gangguan tenggorokan pd anak	156.535	4.483.912.233
Serangan asma	47.856	6.233.020.935
Gangguan tenggorokan	7.157	63.427.393.290
Bronkhitis kronis	178.898	530.209.355
		601.825.753.569

Sumber: data diolah

Bila terjadi kenaikan kandungan timbal dalam udara sampai ambang batas, maka biaya yang harus dikeluarkan untuk kompensasi kesehatan pada kasus penurunan IQ pada anak sebesar Rp 2.147.647; hipertensi sebesar Rp 21.502.574; jantung koroner sebesar Rp 103.208; dan kematian dini sebesar Rp 1.407.441.281 per kasus. Total biaya kompensasi yang dikeluarkan bila terjadi kenaikan kandungan timbal dalam udara sampai ambang batas sebesar Rp 627.561.441.598,-. Valuasi ekonomi dampak kesehatan akibat perubahan timbal tahun 2007 masing-masing disajikan pada Tabel 6 .

**Tabel 6. Valuasi Ekonomi Dampak Perubahan Timbal, 2007**

Jenis dampak	Biaya kesehatan per kasus (Rp)	Total (Rp)
Penurunan IQ	2.147.647	209.670.991.426
Hipertensi	21.502.574	267.966.807.959
Jantung koroner	103.208	1.405.470
kematian dini	1.407.441.281	149.922.236.743
		627.561.441.598

Sumber : data diolah

## 2. Exposure-Response Function

Dampak kesehatan yang dihindari karena penurunan kandungan PM<sub>10</sub> dan timbal, dapat dihitung menggunakan metode *Exposure-response function*. Metode ini digunakan dengan mengalikan koefisien ER-function; tingkat dampak kesehatan; penurunan kandungan polutan di udara; dan jumlah penduduk. Koefisien ER-function merupakan prosentase perubahan dampak per unit polutan, yang nilainya diasumsikan sama dengan koefisien estimasi tengah *Dose-Response Function*. Tingkat dampak kesehatan dihitung per 100.000 orang, diperoleh dari perhitungan tingkat dampak dengan metode *Dose-Response*. Penurunan kandungan polutan di udara dihitung dengan penurunan 25 persen rata-rata kandungan PM<sub>10</sub> dan timbal di udara Kabupaten Bantul tahun 2007. Variabel lainnya adalah jumlah penduduk Kabupaten Bantul yang sebanyak 831.657 orang pada tahun 2007.

Perhitungan dampak yang dapat dihindari karena penurunan 25 persen kandungan PM<sub>10</sub> di udara pada kasus kematian dini adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Dampak} &= \text{koefisien ER-function} * \text{tingkat} \\
 &\quad \text{dampak kesehatan} * \text{penurunan 25\%} \\
 &\quad \text{kandungan PM}_{10} * \text{jumlah penduduk} \\
 &= 0,00000672 * 0,0032 * 42,9425 * \\
 &\quad 831.657 \\
 &= 0,7658 \text{ kasus}
 \end{aligned}$$

Dampak yang dapat dihindari karena penurunan kandungan PM<sub>10</sub> di udara Kabupaten Bantul sebesar 25 persen pada tahun 2007 terdapat 605.859.345,8050 kasus. Penurunan 25 persen kandungan timbal di udara Kabupaten Bantul pada tahun 2007 dapat dihindari 1.164.637,3443 dampak.

Berdasarkan valuasi ekonomi, keuntungan yang diperoleh bila kandungan PM<sub>10</sub> di udara Kabupaten Bantul pada tahun 2007 diturunkan sebanyak 25 persen adalah Rp5.150.124.053.393. Hal ini ditunjukkan pada Tabel 9 sedangkan bila kandungan timbal di udara Kabupaten Bantul pada tahun 2007 diturunkan 25 persen maka keuntungan yang diperoleh sebesar Rp2.714.064.136.106. Valuasi ekonomi penurunan kandungan PM<sub>10</sub> dan timbal di udara Kabupaten Bantul tahun 2007 disajikan pada Tabel 10.

**Tabel 7. Estimasi Dampak Penurunan 25 Persen Kandungan PM10 dan Timbal Udara di Kabupaten Bantul, 2007**

Jenis dampak	Dampak yang dapat dihindari
Kematian dini	0,7658
Rawat RS	2,4420
Gawat darurat	939,7030
Juml hr tdk kerja	36.444.059,6451
Tenggrokn pd anak	16.951,9302
Asma	1.486.848,9531
Tenggorokan	567.910.478,8502
Bronkhitis kronis	63,5156
Total	605.859.345,8050
Penurunan IQ	1.153.671,3412
Hipertensi	10.965,5222
Jantung koroner	0,0561
Kematian dini	0,4248
Total	1.164.637,3443

Sumber : data diolah

**Tabel 8. Valuasi Ekonomi Dampak Penurunan 25 Persen Kandungan PM10 di Udara Kabupaten Bantul, 2007**

Jenis Dampak	2007	
	Biaya Kesehatan Per Kasus (Rp)	Total (Rp)
Kematian dini	1.438.123.501	1.101.317.226
Rawat RS	12.983.058	31.704.228
Gawat darurat	123.664	116.207.659
Juml hr tdk kerja	27.727	1.010.485.210.36
Tenggrokn pd anak	156.535	2.653.569.539
Asma	47.856	71.154.578.603
Tenggorokan	7.157	4.064.570.102.959
Bronkhitis kronis	178.898	11.362.803
		5.150.124.053.393

Sumber : data diolah

**Tabel 9. Valuasi Ekonomi Dampak Penurunan 25 Persen Kandungan Timbal di Udara Kabupaten Bantul, 2007**

Jenis Dampak	2007	
	Biaya Kesehatan Per Kasus (Rp)	Total (Rp)
Penurunan IQ	2.147.647	2.477.679.360.577
Hipertensi	21.502.574	235.786.948.688
Jantung koroner	103.208	5.792
Kematian dini	1.407.441.281	597.821.049
		2.714.064.136.106

Sumber : data diolah

## KESIMPULAN

1. Perhitungan dampak kesehatan dengan menggunakan metode *dose response function* akibat polusi PM<sub>10</sub> selama tahun 2007 sebanyak 325 kasus kematian dini; 581 kasus rawat rumah sakit; 11.400 kasus kunjungan gawat darurat; 1.809.974 kasus jumlah hari tidak kerja; 28.645 kasus gangguan tenggorokan pada anak; 130.245 kasus serangan asma; 8.862.212 kasus gangguan tenggorokan; dan 2.964 kasus bronchitis kronis.
2. Polusi timbal pada tahun 2007 mengakibatkan dampak 97.628 kasus penurunan IQ pada anak; kasus hipertensi 12.462 kasus; 14 kasus jantung koroner; dan 107 kasus kematian dini yang diakibatkan polusi timbal.
3. Valuasi ekonomi yang diestimasi akibat polusi PM<sub>10</sub> adalah bila terjadi kenaikan kandungan PM<sub>10</sub> di udara sampai ambang batasnya, maka biaya kompensasi kesehatan yang harus dikeluarkan untuk kasus kematian dini pada tahun 2007 sebesar Rp. 1.438.123.501,-; kasus rawat rumah sakit sebesar Rp 12.983.058,-; kasus kunjungan gawat darurat Rp 123.664,- ; kasus jumlah hari tidak kerja meningkat dari Rp 27.727,-; kasus gangguan tenggorokan pada anak Rp 156.535,-; kasus serangan asma Rp 47.856,-; pada kasus gangguan tenggorokan Rp 7.157,- dan kasus bronchitis kronis Rp 178.898,-. Total biaya kompensasi kesehatan akibat polusi PM10 tahun 2007 sebesar Rp 601.825.753.569,-. Untuk polusi timbal, biaya kompensasi pada kasus penurunan IQ pada anak sebesar Rp 2.147.647,- pada tahun 2007; kasus hipertensi sebesar Rp 21.502.574,-; kasus jantung koroner naik dari Rp 103.208,-; dan kasus kematian dini Rp 1.407.441.281,- per kasus. Total biaya kompensasi kesehatan akibat polusi timbal sebesar Rp 627.561.441.598,- .
4. Dampak yang dapat dihindari karena penurunan kandungan polutan di udara diestimasi dengan metode *exposure response function*. Dengan metode ini diketahui dengan penurunan 25% kandungan PM<sub>10</sub> di udara sebanyak 605.859.345,8050 kasus pada tahun 2007 sedangkan dengan adanya penurunan 25% kandungan timbal di udara, maka dampak yang dapat dihindari sebanyak 1.164.637,3443 kasus pada tahun 2007. Keuntungan yang diperoleh jika kandungan PM<sub>10</sub> di udara turun 25% sebesar Rp 5.150.124.053.393,- pada tahun 2007. Jika kandungan timbal turun sebesar 25%, maka keuntungan yang diperoleh sebesar Rp 2.714.064.136.106,- .

Saran yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

2. 1. Salah satu penyebab tingginya kandungan PM<sub>10</sub> dan timbal adalah makin meluasnya

daerah kemacetan, makin seringnya terjadi kemacetan dan makin padatnya lalu lintas, apalagi di Kabupaten Bantul banyak terdapat sekolah dan perguruan tinggi dimana banyak siswa dan mahasiswanya menggunakan kendaraan bermotor. Untuk mengantisipasi hal tersebut perlu dikembangkan perencanaan sistem transportasi umum yang nyaman sehingga masyarakat lebih memilih menggunakan kendaraan umum daripada kendaraan pribadi.

3. Dari segi kondisi kendaraan hendaknya pemerintah memberikan kemudahan pajak atas pembelian kendaraan bermotor yang berpolutan rendah, sanksi, dan denda atas kendaraan yang menimbulkan polusi melampaui ambang batas. Dari segi kualitas bahan bakar hendaknya pemerintah segera merealisasikan untuk memproduksi bahan bakar yang lebih bersih, yaitu bensin bebas timbal dan solar yang berkadar belerang rendah dan mengembangkan sumber energi alternatif seperti memasyarakatkan bahan bakar gas khususnya kendaraan umum.
4. Hendaknya dilakukan langkah-langkah untuk menurunkan kandungan PM<sub>10</sub> dan timbal di udara khususnya di Kabupaten Bantul karena keuntungan yang diperoleh besar dengan adanya penurunan kandungan PM<sub>10</sub> dan timbal. Adapun langkah-langkah tersebut diantaranya adalah: pengadaan paru-paru kota yang dapat mengurangi polusi di udara, penggunaan bahan bakar yang bebas timbal dan menggunakan alat penyaring polutan pada knalpot kendaraan bermotor
5. Karena adanya keterbatasan data, maka metode yang digunakan dalam penelitian juga masih sangat sederhana, sehingga penilaian yang dilakukan belum merupakan penilaian ekonomi yang komprehensif tentang penilaian dampak pencemaran gas buang kendaraan bermotor terhadap lingkungan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian ekonomi lanjutan yang lebih mengungkapkan penilaian ekonomi dampak pencemaran lingkungan terhadap masyarakat secara mendetail dan tepat sasaran. Selain itu, pemerintah sudah seharusnya memiliki perangkat data-data yang lengkap dan mudah didapat , karena selama ini data-data yang telah dipublikasikan, masih kurang mendukung perkembangan studi penilaian ekonomi dampak lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Cesar dkk. 2002. "Improving Air Quality in Metropolitan Mexico City An Economic Valuation". *Working Paper Series No. 2785. The World Bank*. Washington DC.

- Dixon, John.A. 1996. "The Economic Valuation of Health Impacts". *Working Paper. The World Bank*. Washington DC.
- Evi Gravitiani. 2003. *Valuasi Ekonomi Dampak Gas Buang Kendaraan Bermotor terhadap Kesehatan Masyarakat di Kota Yogyakarta*. Tesis S2 UGM. Yogyakarta.
- Garrod, Guy and Willis, Kenneth.G. 1999. *Economic Valuation of The Environment*. Edward Elgar. UK.
- Harmaini, 1998. *Penilaian Ekonomi Dampak Gas Buang Kendaraan Bermotor: Studi Kasus DKI Jaya*. Tesis Pasca Sarjana UGM. Yogyakarta.
- Imam, Moh. Nurul. 2002. *Estimasi Biaya Polusi Udara bagi Pengendara Motor di Yogyakarta dengan Contingent Valuation Method*. Tesis Pasca Sarjana UGM. Yogyakarta.
- Lvovsky, Kseniya. 1998. "Economic Costs of Air Pollution With Special Reference to India" *.Prepared for the National Conference on Health and Environment Delhi, India*.
- Ostro, Bart, D. 1994. "The Health Effect of Pollution : A Methodology With Application to Jakarta". *Working Paper Series No. 1301. The World Bank*. Washington DC.
- \_\_\_\_\_, Eskeland, G.S., Aranda, C., and Sanchez, J.M., 1996. "Air Pollution and Mortality: Result From A Study os Santiago, Chile". *Working Paper Series No. 1453. The World Bank*. Washington DC.
- Reksohadiprojo, Sukanto, dan Budi Purnomo. 1997. *Ekonomi Lingkungan*. BPF. Yogyakarta.
- Tietenberg, Tom. 1998. *Environmental Economics and Policy*. 2<sup>nd</sup> edition. Addison Wesley. USA.
- Todaro, Michael P., 2000. *Economic Development in The Third World*. 7<sup>th</sup> edition. London. Addison Wesley. Longman Limited.
- US. Environment Protection Agency Office of Air and Radiation. 2000. *Seri Makalah Hijau, Mutu Udara Kota*. Penerjemah IKIP Malang. Washington DC.
- World Bank. 1992. *World Development Report 1992*. Oxford University Press.
- \_\_\_\_\_. 2001. *The Quality of Growth*. New York.

