

# KAJIAN TINGKAT PENCEMARAN SULFUR DIOKSIDA DARI INDUSTRI DI BEBERAPA DAERAH DI INDONESIA

Waluyo Eko Cahyono

Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim, LAPAN

e-mail: cahyo9@gmail.com

## RINGKASAN

Industri di Indonesia masih merupakan sektor yang sangat potensial dalam memacu pertumbuhan ekonomi dan pemerataan lapangan usaha, namun di sisi lain juga dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan bila tidak ditangani dengan sebaik-baiknya. Dampak negatif dimaksud antara lain berupa pencemaran udara baik yang terjadi di dalam ruangan (*in door*) dan di luar ruangan (*out door*) yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan menjadi sarana penularan penyakit. Dari hasil perhitungan emisi udara di Jawa Tengah pada 2005 memperlihatkan emisi SO<sub>2</sub> dari sektor industri sebesar 32% menunjukkan nilai tertinggi dibandingkan dengan emisi dari sektor lainnya. Kemudian dari hasil kegiatan pemantauan kualitas udara ambien oleh BPLH Kota Bandung kurun waktu 2001- 2003 menunjukkan bahwa nilai SO<sub>2</sub> dari sumber industri mempunyai nilai yang tertinggi yaitu sebesar 90,32 µg/m<sup>3</sup>, transportasi sebesar 43,74 µg/m<sup>3</sup> dan dari pemukiman sebesar 37,51 µg/m<sup>3</sup>. Konsentrasi SO<sub>2</sub> di Jakarta dan Kototabang pada kurun waktu 1996-2003 memperlihatkan perbedaan yang nyata antara keduanya, dimana pengukuran di Kototabang yang merupakan kawasan pegunungan yang bersih dari pencemaran udara menunjukkan nilai konsentrasi yang rendah bila dibandingkan dengan kota Jakarta yang merupakan kota yang penuh dengan pencemaran udara baik dari industri maupun transportasi.

## 1 PENDAHULUAN

Sejak awal 1990-an peran sektor industri bagi pertumbuhan ekonomi Indonesia semakin menunjukkan nilai kepentingannya. Peran penting sektor industri ini terlihat dari kontribusinya yang cukup besar dalam pembentukan Produk Domestik Bruto (Hidayati, 2004). Menurut Biro Pusat Statistik (2009) nilai Produk Domestik Bruto (PDB) pada tahun 2008, bila dibandingkan tahun 2007, terjadi penurunan pada semua sektor kecuali sektor pertanian, sektor industri pengolahan, dan sektor konstruksi. Sektor pertanian naik dari 13,7 persen pada tahun 2007 menjadi 14,4 persen pada tahun 2008, sektor industri pengolahan naik dari 27,1 persen menjadi 27,9 persen, dan sektor konstruksi naik dari 7,7 persen menjadi 8,4 persen. Dari data tersebut terlihat bahwa nilai PDB untuk sektor industri

pengolahan menunjukkan nilai yang tertinggi dibandingkan dengan sektor lainnya.

Pertumbuhannya semakin pesat, sehingga industri berlomba-lomba memperluas usaha dan jaringan kerjasamanya. Pembangunan instalasi yang mendukung kegiatan industri didahulukan dan usaha-usaha untuk menambah produksi dipercepat. Seringkali pihak industri hanya mengutamakan keuntungan produksi semata dan kurang atau bahkan tidak peduli terhadap kerusakan lingkungan yang ditimbulkan. Kerusakan lingkungan yang terjadi akibat buangan emisi pencemar udara tanpa proses terlebih dahulu, telah menyebabkan gangguan terhadap kualitas udara di lingkungan sekitarnya.

Pembangunan sektor industri manufaktur (pengolahan) hampir selalu mendapat prioritas utama dalam rencana pembangunan setiap negara yang sedang

berkembang. Hal ini terjadi karena sektor industri manufaktur dianggap sebagai sektor pemimpin yang mendorong perkembangan pada sektor lainnya, seperti sektor jasa dan pertanian. Sementara itu, sektor pertanian yang sebelumnya merupakan penggerak utama pertumbuhan ekonomi perannya semakin menurun. Pada tahun 1985 kontribusi sektor manufaktur masih berada pada peringkat kedua setelah sektor pertanian yakni sebesar 15,98 persen. Namun kontribusi sektor manufaktur memperlihatkan peningkatan yang pesat menjadi 24,13 persen pada tahun 1995 dan 26,16 persen pada tahun 2000 (Hidayati, 2004).

Secara umum peningkatan kegiatan ekonomi/industri berkaitan erat dengan kebutuhan bahan bakar dan penambahan jumlah penduduk. Di Indonesia, jumlah penduduk mengalami peningkatan dari tahun ke tahun yang ditunjukkan oleh kian bertambahnya aktivitas ekonomi yang dilakukan oleh masyarakat. Akibatnya, peningkatan kebutuhan energi adalah suatu hal yang tidak dapat dihindari. Menurut Direktorat Jendral Listrik dan Pemanfaatan Energi tahun 2004, pada tahun 1970 konsumsi energi primer hanya sebesar 50 juta SBM (Setara Barel Minyak). Tiga puluh satu tahun kemudian, tepatnya tahun 2001 konsumsi energi primer telah meningkat menjadi 715 juta SBM atau mengalami pertumbuhan yang luar biasa yaitu sebesar 1330% atau pertumbuhan rata-rata periode 1970-2001 sebesar 42.9%/tahun (Hidayat, 2005).

Pembangunan yang berkembang pesat dewasa ini, khususnya di sekitar industri dan teknologi meningkatkan gangguan terhadap kualitas udara akibat emisi dari proses dan pembakaran bahan bakar. Secara umum penyebab gangguan terhadap kualitas udara ada 2 macam. Pertama, karena faktor internal (secara alamiah), seperti debu yang beterbangan akibat tiupan angin, abu (debu) yang dikeluarkan dari letusan gunung berapi berikut gas-gas vulkaniknya, gas yang dihasilkan dari proses pembusukan

sampah organik, dan lain-lain. Kedua, karena faktor eksternal (karena ulah manusia), seperti hasil pembakaran bahan bakar fosil, debu/serbuk dari kegiatan industri, dan pemakaian zat-zat kimia yang disemprotkan ke udara. Komponen pencemar udara yang paling berpengaruh dalam pencemaran udara di lingkungan biosfer adalah karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), nitrogen dioksida, sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ), hidrokarbon, dan partikel-partikel kecil lainnya.

Seiring dengan meningkatnya pemakaian bahan bakar fosil, konsentrasi sulfur dioksida terus meningkat. Di Asia, jumlah emisi  $\text{SO}_2$  terus mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Pada tahun 1970, emisi  $\text{SO}_2$  sekitar 11,25 juta ton dan meningkat menjadi 20 juta ton  $\text{SO}_2$  pada tahun 1986 (Hameed and Dignon, 1992 dalam Dewi, 2007). Sedangkan di Indonesia, jumlah emisi  $\text{SO}_2$  terus mengalami peningkatan mencapai 797 ribu metrik ton pada tahun 1995 (Earth Trends Country Profiles, 2003 dalam Dewi, 2007). Oleh karena itu, akan dikaji seberapa besar emisi  $\text{SO}_2$  dari sektor industri dari beberapa studi kasus yang telah dilakukan.

## 2 PENCEMARAN UDARA DARI SEKTOR INDUSTRI

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam udara oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu udara yang telah ditetapkan (KLH, 2010). Sumber pencemaran udara dapat dibagi menjadi tiga kategori besar yaitu: (1) sumber perkotaan dan industri; (2) sumber pedesaan/pertanian dan lainnya; (3) emisi alami. Umumnya sumber pencemar udara utama dari industri merupakan sumber titik, walaupun di dalam kawasan industri besar akan ditemui pula sumber garis, misalnya jalan penghubung di dalam kawasan tersebut,



maupun sumber area. Sumber titik di industri juga dapat diamati sebagai:

- Emisi normal, yaitu emisi yang berasal dari sumber-sumber yang terkontrol dan disalurkan melalui cerobong sehingga dapat diukur atau dipantau besarnya,
- Emisi abnormal, yaitu emisi yang berasal dari sumber-sumber titik kecil. Sumber ini lebih sulit dikontrol dan diukur,
- Emisi sementara/aksidental yang berasal dari kebocoran dan tumpahan kecil, ledakan dan kebakaran.

Emisi normal dan abnormal masih dapat dikelola walaupun pada emisi abnormal tindakannya lebih sulit, sedangkan emisi aksidental diatasi dengan tindakan tanggap darurat. Emisi abnormal berasal dari sumber kecil sebuah proses berupa kebocoran gas atau uap dari sambungan pipa. Emisi ini sulit untuk diperhitungkan satu persatu tetapi dapat menjadi beban emisi yang cukup besar di dalam suatu kompleks industri. Emisi dapat diestimasi berdasarkan pengukuran pada titik-titik yang merepresentasikan jenis, sumber dan pelaporan dilakukan dengan cara digabungkan sebagai sumber area (KLH, 2010).

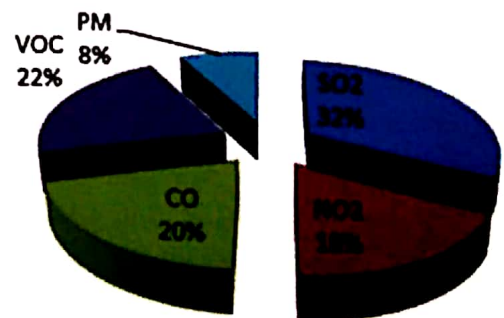
SO<sub>2</sub> adalah pencemar dari sumber industri yang berperan sebagai prekursor asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), komponen partikel aerosol yang mempengaruhi deposisi asam, iklim global, dan lapisan ozon global. Sumber utama dari SO<sub>2</sub> adalah pembangkit listrik tenaga batu bara, pembakaran bahan bakar fosil, dan gunung berapi (Jacobson, 2002). Dari hasil kegiatan pemantauan kualitas udara ambien oleh BPLH Kota Bandung kurun waktu 2001-2003 menunjukkan bahwa nilai SO<sub>2</sub> dari sumber industri mempunyai nilai yang tertinggi yaitu sebesar 90,32 µg/m<sup>3</sup>, disusul transportasi sebesar 43,74 µg/m<sup>3</sup> dan dari pemukiman sebesar 37,51 µg/m<sup>3</sup> (Dirgawati, 2008).

Dari perhitungan penulis dengan sistem IPPS (Industrial Pollution Projection System) mengkombinasikan data dari aktivitas industri (seperti produksi dan

jumlah pekerja) dan data emisi untuk menghitung intensitas pencemar, yaitu emisi per satuan aktivitas industri. Serta disebabkan tidak terdapat informasi lain seperti keluaran industri, kapasitas produksi, bahan baku, dan jenis bahan bakar yang digunakan, maka variabel penentu yang dapat dikaitkan dengan jumlah emisi adalah jenis industri dan jumlah pekerja. Untuk menghubungkan kedua variabel ini dengan jumlah emisi, metode IPPS yang dikembangkan oleh World Bank (1995) dalam Suhadi (2009) akan digunakan.

Dalam kajian ini, digunakan koefisien emisi IPPS batas bawah untuk setiap pencemar per 1000 pekerja per tahun untuk setiap jenis industri (misalnya, koefisien emisi SO<sub>2</sub> per 1000 pekerja industri penyamakan kulit adalah 15 kilogram/tahun). Beban emisi akhir dari satu industri diperoleh dengan mengalikan rasio antara beban emisi awal dan total emisi awal dengan total emisi sebenarnya untuk sumber area industri. Pada Gambar 2-1 menunjukkan hasil perhitungan emisi udara dari industri pada 2005 di Jawa Tengah.

Pada Gambar 2-1 menunjukkan emisi SO<sub>2</sub> yang tinggi dari sektor industri sebesar 32% dibandingkan dengan emisi yang lainnya di Jawa Tengah pada 2005. Sebagian besar pencemaran udara oleh gas belerang oksida (SO<sub>x</sub>) berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, terutama batubara. Ada dua macam gas belerang oksida (SO<sub>x</sub>), yaitu SO<sub>2</sub> dan SO<sub>3</sub>. Dalam hal ini pembakaran akan menghasilkan gas SO<sub>2</sub> yang lebih banyak daripada gas SO<sub>3</sub>.



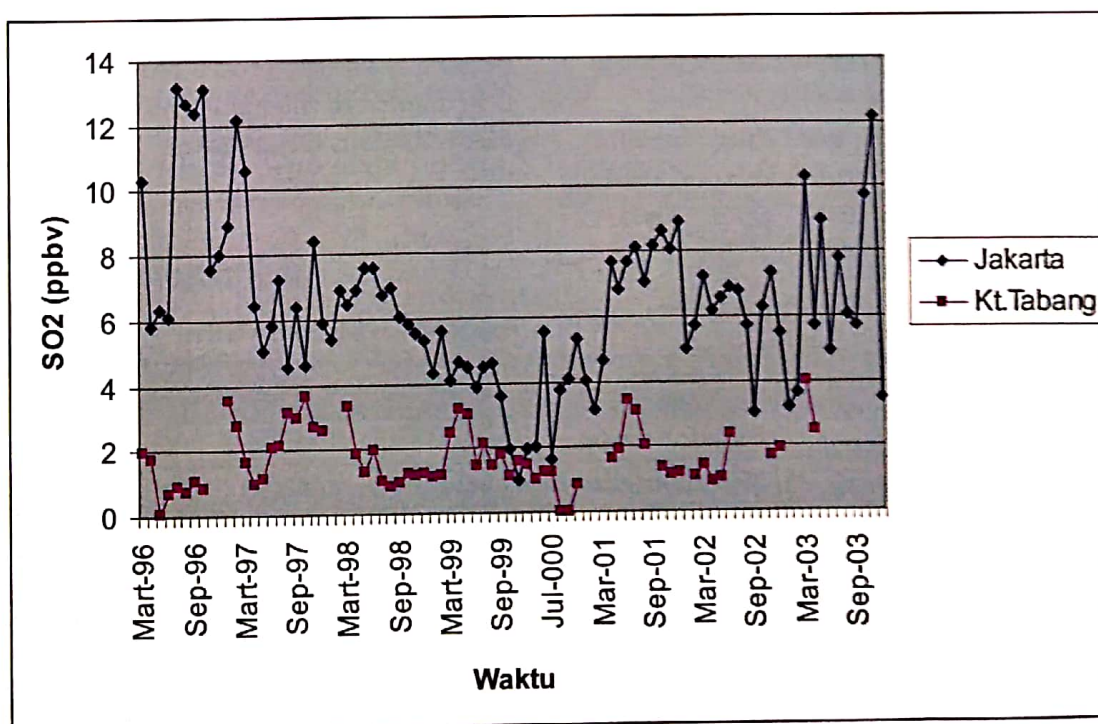
Gambar 2-1: Emisi dari industri pada 2005 di Jawa Tengah

Pembakaran bahan bakar merupakan sumber utama pencemar SO<sub>x</sub>, misalnya pembakaran arang, minyak bakar gas, kayu dan sebagainya. Sumber SO<sub>x</sub> yang kedua adalah dari proses-proses industri seperti pemurnian petroleum, industri asam sulfat, industri peleburan baja dan sebagainya. Pabrik peleburan baja merupakan industri terbesar yang menghasilkan SO<sub>x</sub>. Hal ini disebabkan adanya elemen penting alami dalam bentuk garam sulfida misalnya tembaga (CuFeS<sub>2</sub> dan Cu<sub>2</sub>S), Zink (ZnS), Merkuri (HgS) dan Timbal (PbS). Kebanyakan senyawa logam sulfida dipekatkan dan dipanggang di udara untuk mengubah sulfida menjadi oksida yang mudah tereduksi. Selain itu sulfur merupakan kontaminan yang tidak dikehendaki di dalam logam dan biasanya lebih mudah untuk menghasilkan sulfur dari logam kasar dari pada penghasilkannya dari produk logam akhirnya. Oleh karena itu SO<sub>2</sub> secara rutin diproduksi sebagai produk samping

dalam industri logam dan sebagian akan terdapat di udara.

Hasil pengukuran SO<sub>2</sub> pada tahun 1996-2003 di lokasi Jakarta dan Kototabang (Sumatera Barat) yang dilakukan dengan mempergunakan alat Passive Gas Sampler pada periode pengamatan mingguan (GAW, 2009) menunjukkan kecenderungan seperti pada Gambar 2-2.

Pada Gambar 2-2 menunjukkan konsentrasi SO<sub>2</sub> di Jakarta dan Kototabang selama kurun waktu 1996-2003. Pada gambar tersebut terlihat perbedaan yang nyata antara keduanya. Pengukuran di Kototabang yang merupakan kawasan pegunungan yang bersih dari pencemaran udara menunjukkan nilai konsentrasi yang rendah bila dibandingkan dengan kota Jakarta, yang merupakan kota yang penuh dengan pencemaran udara, baik dari transportasi maupun industri. Konsumsi bahan bakar fosil setiap tahun meningkat, karena Jakarta memiliki jumlah penduduk terbanyak dibandingkan dengan provinsi-provinsi lain.



Gambar 2-2: Konsentrasi SO<sub>2</sub> di Jakarta dan Kototabang selama kurun waktu 1996-2003



### 3 DAMPAK SULFUR DIOKSIDA TERHADAP KESEHATAN

Sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) merupakan gas tak berwarna yang menimbulkan rasa jika konsentrasinya 0,3 ppm dan menghasilkan bau yang kuat pada tingkat konsentrasi yang lebih besar dari 0,5 ppm.  $\text{SO}_2$  adalah gas yang dapat diserap oleh selaput lendir hidung dan saluran pernafasan. Gas  $\text{SO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (aq) dengan konsentrasi tinggi dapat merusak paru-paru. Paparan jangka panjang dari  $\text{SO}_2$  (g) dari pembakaran batubara dapat mengganggu fungsi paru-paru atau menimbulkan penyakit pernapasan lainnya (Jacobson, 2002). Pengaruh lain dari pencemar  $\text{SO}_2$  terhadap manusia adalah iritasi sistem pernafasan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa iritasi tenggorokan terjadi jika kadar  $\text{SO}_2$  5 ppm atau lebih, bahkan pada beberapa individu yang sensitif iritasi terjadi pada kadar 1-2 ppm.  $\text{SO}_2$  dianggap pencemar yang berbahaya bagi kesehatan terutama terhadap orang tua dan penderita penyakit kronis pada sistem pernafasan kardiovaskular (Depkes, 2007).

$\text{SO}_2$  adalah gas yang bersifat iritasi kuat bagi kulit dan selaput lendir pada konsentrasi 6-12 ppm. Dalam

kadar rendah  $\text{SO}_2$  dapat menimbulkan spasme temporer otot-otot polos pada bronchioli. Bila kadar  $\text{SO}_2$  rendah, akan tetapi terpapar dalam kadar yang berulang kali, dapat menimbulkan iritasi selaput lendir (Slamet, J. S., 1994). Tentang hal ini, secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 3-1 (sumber: Environmental Chemistry, 1995 dalam Buku DKI, 2000).

Sulfur Dioksida ( $\text{SO}_2$ ) adalah unsur penting di atmosfer di daerah tercemar. Gas ini dipancarkan ke troposfer sebagai akibat dari fenomena antropogenik dan alami. Gunung berapi merupakan sumber alami yang penting dari gas  $\text{SO}_2$  di atmosfer. Sumber utama  $\text{SO}_2$  dari antropogenik meliputi konsumsi BBM, peleburan bijih sulfida logam untuk mendapatkan logam murni dan pembakaran batubara.  $\text{SO}_2$  ketika dibebaskan ke atmosfer bereaksi cepat dengan OH untuk membentuk  $\text{HSO}_3$  yang kemudian bereaksi dengan  $\text{O}_2$  untuk membentuk  $\text{SO}_3$ , kemudian larut dalam awan dan aerosol, dimana ia bereaksi dengan  $\text{H}_2\text{O}$ . Sebagai hasil dari proses-proses tersebut,  $\text{SO}_2$  dikonversi menjadi  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , sehingga menyebabkan hujan asam.

Tabel 3-2: EFEK  $\text{SO}_2$  TERHADAP KESEHATAN

Konsentrasi $\text{SO}_2$	Efek / dampak terhadap kesehatan
3 - 5 ppm	Sudah berbau
8 - 12 ppm	Menimbulkan iritasi saluran pernafasan
20 ppm	Menimbulkan iritasi pada mata
20 ppm	Menyebabkan batuk
20 ppm	Maksimum konsentrasi untuk pemaparan yang lama
50 - 100 ppm	Maksimum konsentrasi untuk pemaparan selama 30 menit
- 500 ppm	Berbahaya walaupun untuk pemaparan yang singkat

#### 4 PENUTUP

Di daerah perkotaan terutama kota-kota besar di Indonesia, pencemaran udara telah menjadi suatu permasalahan yang serius. Tanpa disadari, kualitas udara di perkotaan sebenarnya telah menurunkan kualitas hidup masyarakat kota, khususnya di [kawasan] transportasi dan industri. Dari hasil perhitungan emisi udara di Jawa Tengah pada 2005 memperlihatkan bahwa emisi SO<sub>2</sub> dari sektor industri sebesar 32% merupakan nilai tertinggi dibandingkan dengan emisi dari sektor lainnya. Kemudian dari hasil kegiatan pemantauan kualitas udara ambien oleh BPLH Kota Bandung kurun waktu 2001-2003 menunjukkan bahwa nilai SO<sub>2</sub> dari sumber industri mempunyai nilai yang tertinggi yaitu sebesar 90,32 µg/m<sup>3</sup>, disusul transportasi sebesar 43,74 µg/m<sup>3</sup> dan dari pemukiman sebesar 37,51 µg/m<sup>3</sup>. Konsentrasi SO<sub>2</sub> di Jakarta dan Kototabang pada kurun waktu 1996-2003 memperlihatkan perbedaan yang nyata antara keduanya. Pengukuran di Kototabang yang merupakan kawasan pegunungan yang bersih dari adanya pencemaran udara menunjukkan nilai konsentrasi yang rendah bila dibandingkan dengan kota Jakarta, yang merupakan kota yang penuh dengan pencemaran udara, baik dari transportasi maupun industri.

#### DAFTAR RUJUKAN

- BPS, 2009. *Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Tahun 2008*, No. 11/ 02/Th. Xii, 16 Februari, Jakarta.  
com/articles/working\_paper>[13/5/11].
- Depkes, 2007. *Parameter Pencemar Udara dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*, Melalui: <http://www.depkes.

- go.id/ downloads/ Udara. PDF> [12/6/11].
- Dewi, AS. dan Susandi, A., 2007. *Proyeksi SO<sub>2</sub> di Indonesia sebagai Implikasi Perubahan Iklim Global: Dampak dan Biaya Kesehatan*. Program Studi Meteorologi, Departemen Geofisika dan Meteorologi, Institut Teknologi Bandung. Melalui: <http://armisusandi.
- Dirgawati, M. dan Soemirat, J., 2008. *Hubungan dan Analisis Resiko Kualitas Udara Ambien Terhadap Mortalitas dan Morbiditas Di Kawasan Pemukiman, Industri dan Padat Lalu Lintas Kota Bandung*. Prosiding Seminar Nasional Polusi Udara dan Ozon, Lapan, Bandung.
- GAW, 2009. [http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/products/cd-rom/cd\\_14/A/menu/introduction.html](http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/products/cd-rom/cd_14/A/menu/introduction.html).
- Hidayat, A.S., 2005. *Konsumsi BBM dan Peluang Pengembangan Energi Alternatif*, Inovasi Online Vol.5/ XVII/November.
- Hidayati, A. dan Kuncoro M., 2004. *Konsentrasi Geografis Industri Manufaktur di Jakarta Dan Bandung Periode 1980-2000: Menuju Satu Daerah Aglomerasi?*. Jurnal Empirika, Vol. 17, No. 2, Desember 2004.
- Jacobson, M.Z., 2002. *Atmospheric Pollution*, Cambridge University Press, UK.
- KLH, 2010. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah.
- Suhadi, D. R. dan Emerentiana, G., 2009. *Inventarisasi Emisi Pencemar Udara Di Provinsi DKI Jakarta*. BPLHD Jakarta.