

Tingkat Pencemaran Udara NO_x Di Jakarta Periode 1996 - 1998

Siti Asiati, Afif Budiyono, Dessy Gusnita
Pusat Sains Atmosfer dan Iklim LAPAN

ABSTRACT

The dominant air pollution in big cities is mainly caused by the transportation activity such as NO_x, CO, VOC and particulate. Jakarta is the big city in Indonesia, as the centre of governmental, business, industrial activities and attracted the urbanisation. The increasing population cause the larger energy consumption, for household, transportation, and other activities. The result of NO_x measurement in Jakarta during 1996 - 1998 period shows that the NO_x concentration in the centre of Jakarta was effected by climate. NO_x concentration in dry seasons is large than in wet seasons. In period of March to September 1997, the NO_x concentration was relatively higher due to the El Nino phenomena caused the long dry seasons, and no atmospheric washing by rain. The high level of NO_x concentration in centre of Jakarta is around Gambir station about 38 - 168 ppb, while in Istiqlal, Library building, Tebet, Senayan, and Casablanca are about 0.6 ppb - 54.5 ppb. In the out side of Jakarta, the NO_x concentration fluctuated, seems to be unaffected by the seasons. Pulogadung, as the busy transportation and the industrial area, during 1997, the highest concentration of NO_x was about 24 - 67 ppb, while in the other side of station was about 0.6 - 46.8 ppb. In 1998, the NO_x concentration in Jakarta decreased significantly due to the atmospheric washing process by rain, in addition to the decreasing of the amount of vehicle of about 20.55 % from 1997. The high level of NO_x concentration in centre of Jakarta indicated the transportation is dominant source of NO_x. The highest-level NO_x concentration occurred in Gambir station, and the lower level occurred in Istiqlal, Library Building, of Senayan, Casablanca and Tebet.

ABSTRAK

Pencemaran udara di perkotaan terutama disebabkan oleh aktivitas transportasi, berupa NO_x, CO, VOC, dan partikulat. Jakarta merupakan kota terbesar di Indonesia, dan sebagai pusat pemerintahan, perdagangan, dan aktivitas industri menarik terjadinya urbanisasi. Peningkatan jumlah penduduk menyebabkan kenaikan konsumsi energi yang diperlukan untuk rumah tangga, transportasi dan aktivitas lainnya, sehingga emisi gas dan partikulat pencemar ke udara bertambah. Hasil pengukuran NO_x di Jakarta 1996 -1998 menunjukkan bahwa konsentrasi NO_x di wilayah Jakarta Pusat dipengaruhi oleh musim. Pada musim kemarau konsentrasi NO_x lebih tinggi dari pada musim hujan. Maret 1997 - September 1997 konsentrasi NO_x relatif tinggi karena ada peristiwa El Nino yang mengakibatkan kemarau panjang sehingga tidak ada pencucian atmosfer oleh air hujan. Tingkat Konsentrasi NO_x tertinggi di wilayah Jakarta Pusat terjadi di daerah stasiun Gambir, berkisar antara 38 ppb - 168 ppb, sementara di Istiqlal, Gedung Perpustakaan, Tebet, Senayan dan Casablanca berkisar antara 0,6 ppb - 54,5 ppb. Di wilayah Jakarta bagian pinggir, konsentrasi NO_x sangat bervariasi dan tidak tampak adanya pengaruh musim. Di wilayah Pulogadung yang merupakan daerah transportasi padat dan daerah industri, pada tahun 1997 tingkat konsentrasi NO_x terbesar berkisar antara 24 ppb - 67 ppb, sementara di stasiun lain 0,6 ppb - 46,8 ppb. Tingkat konsentrasi NO_x di Jakarta pada tahun 1998 turun sangat besar karena ada pembersihan atmosfer oleh air hujan ditambah berkurangnya jumlah kendaraan bermotor yang beroperasi ± 20,55% dari tahun 1997. Tingginya tingkat konsentrasi NO_x Jakarta Pusat ini menunjukkan bahwa transportasi merupakan sumber dominan NO_x. Tingkat konsentrasi NO_x terbesar terjadi di stasiun Gambir. Kemudian tingkat lebih rendah terjadi di Istiqlal, Gedung Perpustakaan, Senayan, Casablanca, dan Tebet.

1. PENDAHULUAN

Pencemaran udara yang dominan terjadi di perkotaan disebabkan oleh transportasi berupa oksida nitrogen (NO_x), karbon monoksida (CO), senyawa organik mudah menguap (VOC), dan partikulat. Menurut Harrison (1997) hasil penelitian di Inggris, menunjukkan bahwa 50%-90% emisi CO, NO_x , VOC, SO_2 , dan CO_2 ke udara ditimbulkan oleh kendaraan bermotor dan sumber partikulat perkotaan terbesar berasal dari kendaraan berat seperti bus dan truk.

Jika pembakaran bahan bakar kendaraan terjadi sempurna maka kendaraan akan mengemisikan CO_2 dan H_2O . Tetapi karena beberapa penyebab, pembakaran bahan bakar terjadi tidak sempurna dan mengemisikan bahan pencemar seperti NO_x , CO, VOC ke udara. Beberapa faktor penyebabnya antara lain jenis bahan bakar yang digunakan, kondisi mesin, dan kebiasaan mengemudi (Harrison, 1997).

Kendaraan berbahan bakar bensin banyak mengemisikan CO dan VOC, sedangkan kendaraan berbahan bakar solar banyak mengemisikan NO_x dan partikulat. Demikian juga kondisi mesin yang sudah tidak baik akan menghasilkan emisi gas buang yang besar seperti kendaraan tua yang tidak dirawat mesinnya mengeluarkan CO dan VOC yang tinggi. Selain itu emisi pencemar kendaraan bermotor sebenarnya juga bergantung kepada kecepatan kendaraan. Emisi NO_x bertambah tinggi bila kendaraan dipacu pada kecepatan tinggi, sedangkan CO dan VOC bertambah jika kendaraan dipacu pada kecepatan penuh, yaitu saat mesin masih dingin tetapi kecepatan naik.

Pada umumnya penggunaan mobil di perkotaan hanya untuk jarak tempuh yang pendek sehingga kondisi mesin kendaraan yang digunakan tidak begitu panas (dingin). Pada kondisi lalu lintas padat atau macet emisi pencemar

perkotaan akan naik semua. Kendaraan berbahan bakar bensin emisinya akan turun kalau kecepatannya naik, sedangkan emisi NO_x akan naik kalau kecepatan naik. Untuk partikulat, baik kendaraan berbahan bakar bensin maupun solar emisi partikulatnya tidak dipengaruhi kecepatan.

NO_x adalah polutan udara terdiri dari campuran NO dan NO_2 . Sumber utamanya adalah proses pembakaran pada temperatur tinggi antara nitrogen dan oksigen di atmosfer, dan kontribusi yang kecil dari pembakaran nitrogen yang ada dalam bahan bakar (Harrison, 1997). Di Amerika, emisi NO_x sebesar 40% - 45% berasal dari transportasi, 30%-35% dari pembangkit tenaga listrik, dan sekitar 20% dari industri (Seinfeld dan Pandis, 1998). Secara alamiah NO_x dihasilkan pula oleh sumber alamiah dari tanah dan laut, pembakaran bahan bakar fosil, pembakaran biomasa, peruraian pupuk, adanya petir, dan jalur transmisi listrik. Sumber alami yang paling tinggi penghasil NO_x adalah pembakaran bahan bakar fosil (Campbell, 1986).

Dalam makalah ini akan dibahas tingkat pencemaran NO_x yang terjadi di wilayah Jakarta, dengan sumber utama transportasi. Studi kasus yang digunakan adalah data tahun 1996-1998 yang dikeluarkan oleh Kantor Pengkajian Perkotaan dan Lingkungan (KPPL) DKI Jakarta.

2. DATA DAN METODE PENGOLAHANNYA

Data NO_x yang digunakan dalam makalah ini adalah data NO_x Jakarta hasil pengukuran KPPL DKI Jakarta, periode 1996- 1998. Data diukur dan diperoleh dari 14 stasiun pengukuran yang tersebar di Jakarta. Stasiun-stasiun tersebut ditunjukkan pada Tabel 2-1.

Tabel 2-1: LOKASI STASIUN PENGAMAT

| No. | Lokasi Jakarta Pusat | No. Stasion | No. | Lokasi Jakarta Pinggiran | No. Stasion |
|-----|----------------------|-------------|-----|-------------------------------|-------------|
| 1. | Istiqlal | 1 | 1. | Dunia Fantasi | 10 |
| 2. | Ged. Perpustakaan | 12 | 2. | Pondok Gede | 4 |
| 3. | Tebet | 9 | 3. | Al-Firdaus | 2 |
| 4. | Gambir | 14 | 4. | Cilincing | 7 |
| 5. | Senayan | 8 | 5. | Kantor Walikota Jakarta Timur | 5 |
| 6. | Casablanca | 13 | 6. | Rawa Ipak | 11 |
| | | | 7. | P. Gadung | 3 |
| | | | 8. | Jalan Kahfi | 6 |

Variabilitas konsentrasi NO_x di Jakarta selama periode 1996-1998 dibuat dengan menggunakan metode grafis sedangkan peta konsentrasi NO_x di seluruh wilayah Jakarta digambarkan dengan kontur.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jakarta kota terbesar di Indonesia, merupakan pusat pemerintahan dan perdagangan. Pertumbuhan industri di sekitar wilayah Jakarta menyebabkan kenaikan urbanisasi. Tabel 3-1 dan Gambar 3-1 menunjukkan jumlah dan perkembangan penduduk kota Jakarta berdasar data Badan Pusat Statistik (BPS) Propinsi DKI Jakarta. Peningkatan jumlah penduduk ini menyebabkan peningkatan penggunaan energi di lingkungan rumah tangga, transportasi, industri, dan aktivitas lainnya seperti hiburan, dan rumah makan. Peningkatan pemakaian energi menyebabkan bertambahnya emisi pencemar, baik berupa gas maupun partikulat yang dibuang ke atmosfer. Pencemar tersebut adalah NO_x , CO , CH_4 , NMHC , SO_2 , O_3 , dan partikulat.

Tabel 3-2 : JUMLAH KENDARAAN BERMOTOR YANG BEROPERASI DI JAKARTA TIDAK TERMASUK TNI DAN CD

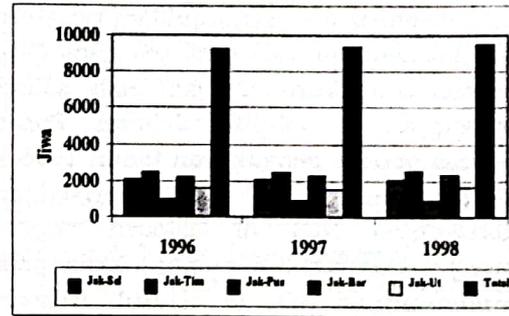
| Tahun | Sepeda Motor | Mobil Penumpang | Mobil Beban | Mobil Bis | Jumlah |
|-------|--------------|-----------------|-------------|-----------|-----------|
| 1996 | 1.775.153 | 967.229 | 344.730 | 310.636 | 3.397.748 |
| 1997 | 2.055.332 | 1.095.170 | 380.788 | 311.371 | 3.842.661 |
| 1998 | 1.527.906 | 952.264 | 319.301 | 253.718 | 3.053.189 |

Sumber : Laporan Badan Pusat Statistik (BPS) Propinsi DKI Jakarta, 1999

Tabel 3-1 : JUMLAH PENDUDUK DI LIMA KOTAMADYA PROPINSI DKI JAKARTA (DALAM RIBUAN JIWA)

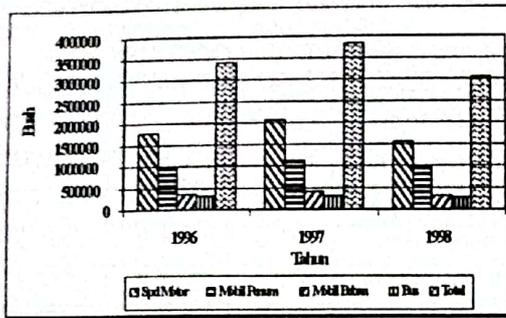
| Kotamadya | 1996 | 1997 | 1998 |
|-----------------|--------|---------|---------|
| Jakarta Selatan | .055,9 | 2.065,5 | 2.074,5 |
| Jakarta Timur | .442,9 | 2.491,5 | 2.540,0 |
| Jakarta Pusat | 949,3 | 923,3 | 897,7 |
| Jakarta Barat | .211,6 | 2.265,2 | 2.319,3 |
| Jakarta Utara | .599,0 | 1.528,4 | 1.657,9 |
| Total | .258,7 | 9.373,9 | 9.489,4 |

Sumber : Laporan Badan Pusat Statistik (BPS) Propinsi DKI Jakarta, 1999



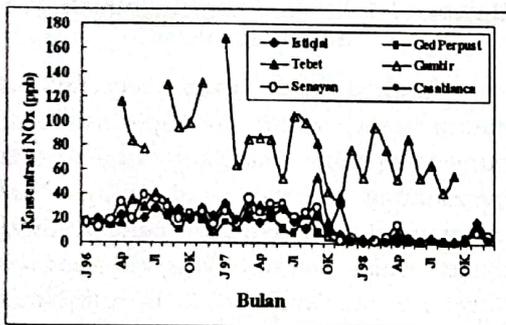
Gambar 3-1: Perkembangan Jumlah Penduduk di Jakarta

Bagi Jakarta yang berpenduduk cukup besar, sektor transportasi mempunyai peran sangat vital guna mendukung aktivitas penduduknya, dan mempunyai kontribusi cukup tinggi dalam emisi polutan NO_x ke atmosfer. Tabel 3-2 dan Gambar 3-2 menunjukkan jumlah dan perkembangan kendaraan bermotor yang beroperasi di Jakarta tidak termasuk kendaraan TNI dan Corp (Diplomatik/CD) berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Propinsi DKI Jakarta.

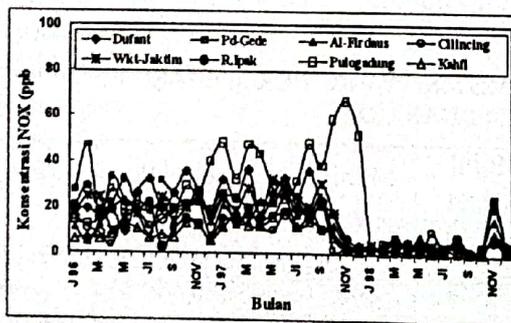


Gambar 3-2 : Perkembangan jumlah kendaraan bermotor di Jakarta

Gambar 3-3 menunjukkan variabilitas konsentrasi rata-rata per jam NO_x selama pengukuran 24 jam pada setiap bulannya, di wilayah Jakarta Pusat selama periode pengukuran tahun 1996 - 1998. Gambar 3-4 adalah variabilitas konsentrasi NO_x di Jakarta bagian pinggir. Gambar 3-5 menunjukkan peta isokonsentrasi NO_x di seluruh wilayah Jakarta periode tahun 1996-1998.



Gambar 3-3: Variabilitas rata-rata per-jam konsentrasi NO_x pengukuran 24 jam periode tahun 1996-1998, di wilayah Jakarta Pusat.



Gambar 3-4 : Variabilitas rata-rata per-jam konsentrasi NO_x pengukuran 24 jam periode tahun 1996 - 1998, di wilayah Jakarta bagian pinggir.

Gambar variabilitas konsentrasi dibagi menjadi Jakarta Pusat dan Jakarta bagian pinggir karena kalau dijadikan satu gambar, kurang jelas untuk dianalisis. Jakarta bagian pinggir adalah lokasi di luar Jakarta Pusat yang tertera dalam Tabel 2-1.

Gambar 3-3 memperlihatkan bahwa pada musim kemarau antara bulan Mei - Agustus 1996 konsentrasi NO_x relatif tinggi dibanding bulan - bulan sebelum dan sesudahnya, karena tidak ada proses pencucian atmosfer oleh air hujan. Periode bulan September 1996 - Februari 1997 terjadi fluktuasi konsentrasi NO_x , karena hujan terjadi tidak menentu. Bulan Desember 1996 dan Februari 1997 konsentrasi NO_x relatif rendah, karena ada proses pencucian atmosfer selama musim hujan. Pada bulan Maret 1997 - September 1997 konsentrasi NO_x kembali meningkat, karena hal ini berkaitan dengan adanya peristiwa El Nino yang mengakibatkan kemarau panjang sehingga tidak ada pencucian atmosfer oleh air hujan. Konsentrasi NO_x yang cukup tinggi di wilayah Jakarta Pusat terjadi di stasiun pengamat Gambir, dengan konsentrasi berkisar 38 ppb-168 ppb. Konsentrasi ini sudah melampaui ambang batas NO_x yaitu 50 ppbv. Sedangkan untuk stasiun pengamat Istiqlal, Gedung Perpustakaan, Tebet, Senayan, dan Casablanca konsentrasi NO_x relatif rendah dibandingkan dengan stasiun pengamat Gambir yaitu berkisar 0,6 ppb - 54,5 ppb. Adanya penurunan jumlah penduduk di Jakarta seperti terlihat dalam Tabel 3-1 dan Gambar 3-1 pengaruhnya kurang tampak terhadap penurunan konsentrasi NO_x , sementara adanya penurunan jumlah kendaraan bermotor dalam Tabel 3-2 dan Gambar 3-2 lebih tampak terhadap penurunan konsentrasi NO_x .

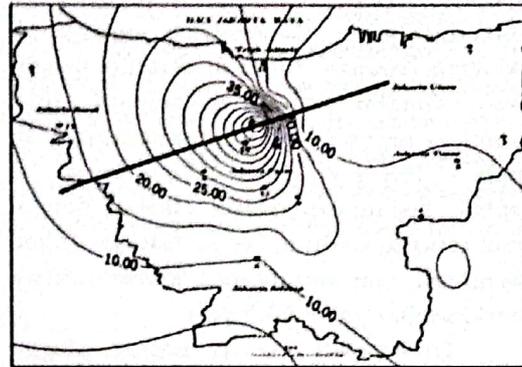
Gambar 3-4 menunjukkan variabilitas konsentrasi NO_x wilayah pinggiran kota Jakarta, konsentrasi NO_x bervariasi, antara satu dan lainnya. Perubahan musim tidak tampak berpengaruh kecuali bulan Desember 1996, kosen-

trasi NO_x di seluruh stasiun pengamat di wilayah Jakarta bagian pinggir mengalami penurunan konsentrasi NO_x , kecuali stasiun pengamat Pulogadung, karena merupakan daerah dengan aktivitas tinggi baik industri maupun transportasinya. Di wilayah Jakarta bagian pinggir pada tahun 1997 konsentrasi NO_x terbesar di Pulogadung sudah melebihi NAB (Nilai Ambang Batas) yakni berkisar 24 ppb - 67 ppb. Sementara di stasiun pengamat lainnya yaitu Dunia Fantasi (Ancol), Al Firdaus (Kalideres), Cilincing, Pondok Gede, Walikota Jakarta Timur, Rawa Ipak, dan Jalan Kahfi masih di bawah ambang batas dengan konsentrasi berkisar 0,6 ppb - 46,8 ppb. Kenaikan jumlah penduduk di wilayah Jakarta bagian pinggir pengaruhnya pada konsentrasi NO_x kurang tampak.

Penurunan konsentrasi NO_x yang sangat mencolok pada periode tahun 1998, seperti terlihat pada Gambar 3-3 dan Gambar 3-4. Hal tersebut kemungkinan terjadi karena adanya konstribusi penurunan jumlah kendaraan yang beroperasi di Jakarta, yaitu sebesar $\pm 20,55\%$ dari jumlah kendaraan tahun 1997. Karena faktor pencemar yang dominan di perkotaan adalah faktor transportasi, maka berkurangnya volume kendaraan yang beroperasi akan sangat berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi NO_x . Faktor lain yang mungkin berpengaruh terhadap penurunan NO_x adalah lesunya aktivitas transportasi dan industri akibat krisis ekonomi.

Penurunan konsentrasi NO_x yang relatif cukup besar pada tahun 1998 dibandingkan dengan kondisi sebelumnya tahun 1996-1997, disamping disebabkan oleh penurunan jumlah kendaraan bermotor yang beroperasi di wilayah Jakarta. Hal ini disebabkan pula oleh adanya peristiwa El Nino pada tahun 1997, sehingga pada tahun 1997 tidak terjadi proses pembersihan atmosfer oleh air hujan yang mengakibatkan konsentrasi NO_x bertambah tinggi.

Baik wilayah Jakarta Pusat maupun wilayah Jakarta bagian pinggir pada bulan November 1998 konsentrasi NO_x meningkat. Hal ini sangat menarik, tetapi kejadian ini belum dapat dijelaskan, karena belum diperoleh data pendukung lainnya.



Gambar 3-5: Peta isokonsentrasi NO_x di Wilayah Jakarta periode tahun 1996 - 1998.

Gambar 3-5 menunjukkan peta isokonsentrasi NO_x di wilayah Jakarta selama periode 1996-1998, pola isokonsentrasi NO_x terpusat di wilayah Jakarta Pusat, dan mengarah ke arah diagonal dari Jakarta Barat ke Jakarta Utara. Pola isokonsentrasi NO_x yang cukup padat terjadi di sekitar wilayah Jakarta Pusat, di sekitar wilayah Senayan, Istiqlal, dan Gambir; pola ini menggambarkan cukup tingginya konsentrasi NO_x hasil aktivitas transportasi. Konsentrasi NO_x tertinggi di wilayah Jakarta Pusat terjadi di stasiun pengamat Gambir, dan diikuti stasiun-stasiun lainnya, yaitu Istiqlal, Gedung Perpustakaan, Senayan, Casablanca, dan Tebet.

4. KESIMPULAN

Pada musim kemarau bulan Mei - Agustus 1996 konsentrasi NO_x lebih tinggi dibanding bulan - bulan sebelum dan sesudahnya, karena tidak ada proses pencucian atmosfer oleh air hujan, pada bulan September 1996 - Februari 1997 konsentrasi NO_x berfluktuasi karena adanya hujan yang tidak menentu. Pada bulan Desember 1996 dan Februari 1997

konsentrasi NO_x rendah hal ini disebabkan adanya proses pencucian atmosfer karena hujan.

Pada bulan Maret 1997 - September 1997 konsentrasi NO_x relatif tinggi karena tahun tersebut ada peristiwa El Nino yang mengakibatkan kemarau panjang sehingga tidak terjadi proses pencucian atmosfer oleh air hujan. Konsentrasi tertinggi di wilayah Jakarta Pusat di stasiun pengamat Gambir telah melampaui nilai ambang batas dengan konsentrasinya 38 ppb - 168 ppb (NAB NO_x sebesar 50 ppbv). Sedangkan untuk stasiun pengamat Istiqlal, Gedung Perpustakaan, Tebet, Senayan, dan Casablanca konsentrasinya berkisar 0,6 ppb - 54,5 ppb.

Di wilayah Jakarta bagian pinggir konsentrasi NO_x sangat bervariasi, dan tampaknya tidak terpengaruh oleh musim, kecuali bulan Desember 1996 konsentrasi seluruh stasiun di wilayah Jakarta bagian pinggir menunjukkan penurunan kecuali stasiun pengamat Pulogadung. Hal ini berkaitan dengan tingginya aktivitas transportasi dan industri dibandingkan daerah Jakarta bagian pinggir lain. Untuk wilayah Jakarta bagian pinggir, pada tahun 1997 konsentrasi NO_x terbesar di Pulogadung berkisar 24 ppb - 67 ppb. Untuk stasiun pengamat lainnya yaitu Dunia Fantasi (Ancol), Al Firdaus (Kalideres), Cilincing, Pondok Gede, Walikota Jakarta Timur, Rawa Ipak dan Jalan Kahfi mempunyai konsentrasi berkisar 0,6 ppb - 46,8 ppb.

Pada tahun 1998 konsentrasi NO_x di seluruh wilayah Jakarta mengalami penurunan yang relatif besar dibandingkan tahun sebelumnya. Hal ini disebabkan oleh penurunan jumlah kendaraan bermotor yang beroperasi di Jakarta

hingga mencapai $\pm 20,55\%$, dan karena adanya proses pembersihan atmosfer oleh hujan karena peristiwa La Nina.

Perubahan jumlah penduduk baik pengurangan maupun penambahan dampaknya terhadap konsentrasi kurang tampak.

Distribusi NO_x di Jakarta, menunjukkan wilayah Jakarta Pusat mempunyai konsentrasi NO_x besar, ini menunjukkan bahwa transportasi merupakan sumber NO_x . Konsentrasi NO_x yang paling tinggi adalah di stasiun pengamat Gambir, yang berturut-turut diikuti oleh daerah Istiqlal, Gedung Perpustakaan, Senayan, Casablanca, dan Tebet.

DAFTAR RUJUKAN

- Badan Pusat Statistik (BPS) Propinsi DKI Jakarta "Jakarta dalam angka 1999", halaman 71, 329.
- Campbell, I. M., 1986, *Energy and the Atmosphere, A Physical - Chemical Approach*, Second edition, Published by John Wiley & Sons LTD, Chichester - New York - Brisbane - Toronto - Singapore, halaman 171.
- Harrison, R.M., 1997, *Pollution: Causes, Effects and Control*, Third Edition, The University of Birmingham, Published by Springer, page 293 - 299
- Kantor Pengkajian Perkotaan dan Lingkungan (KPPL) Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Periode 1996/1997, 1997/1998, 1998/1999.
- Seinfeld, J.H. and Pandis, S.N., 1998, *Atmospheric Chemistry and Physics*, Published by John Wiley and Sons, New York - Chichester - Weinheim - Brisbane - Singapore - Toronto, halaman 71.