

ESTIMASI NILAI PENURUNAN KESEHATAN AKIBAT POLUSI GAS NO_x DI UDARA DKI JAKARTA

Sri Listyarini (listyarini@mail.ut.ac.id)
Universitas Terbuka

Rudy C Tarumingkeng
Akhmad Fauzi
Parulian Hutagaol
Pascasarjana Institut Pertanian Bogor

ABSTRACT

The aim of this research is to estimate the value of health degradation caused by nitrogen oxide (NO_x) gas as one of the air pollutions in Jakarta Province. The economic growth in urban area may affect lifestyle which will increase the energy demand. Fossil fuel as the main energy emitting some gases to the ambient, one of them is NO_x gas. In this research analysis of factors that influenced NO_x ambient concentration is based on the socials, economics, and meteorological data from Indonesia Statistics Center (BPS) and Bureau of Meteorology and Geophysics (BMG). The prediction of the cost that has to be paid by the persons who are exposed by NO_x gas and will get respiratory symptoms is done by developing the dynamic simulation model. The result of this research is by 2025 the Jakarta residences that will have respiratory symptoms caused by the NO_x air pollution should pay about 1 trillion (10¹²) rupiahs. To reduce this pollutant it is recommended to develop public policies based on the economic and environmental concern.

Key words: air pollution, ambient concentration, command and control, dynamic simulation, fossil fuel, nitrogen oxide (NO_x) gas

Peningkatan jumlah penduduk dan keinginan manusia untuk memperbaiki kualitas hidup selalu diikuti dengan penambahan kebutuhan energi (Stern, 2004). Kebutuhan energi sebagian besar dipenuhi dengan menggunakan Bahan Bakar Fosil (BBF). Sayangnya selain bermanfaat sebagai penghasil energi, BBF berdampak negatif karena menimbulkan krisis ekosistem berupa pencemaran lingkungan udara yang berskala global. Salah satu bentuk pencemaran tersebut adalah terjadinya emisi gas nitrogen oksida (NO_x) yang merupakan hasil ikutan dari pembakaran BBF. Gas NO_x di atmosfer dapat berupa gas NO, NO₂, NO₃, N₂O, N₂O₃, dan N₂O₄, serta N₂O₅ (Sawir, 1997). Data pada Tabel 1 juga memperlihatkan bahwa gas NO_x diemisikan dalam jumlah yang cukup besar dari berbagai tipe bahan bakar dan kendaraan.

Dari penjabaran tersebut dapat dikatakan bahwa selain diakibatkan oleh peningkatan jumlah penduduk yang diikuti peningkatan kebutuhan energi, polusi gas NO_x juga meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah kendaraan.

Emisi polutan akan mempengaruhi konsentrasi udara ambien, yang akan menyebabkan degradasi lingkungan berupa adanya penduduk yang terpapar, lalu sakit. Jenis penyakit yang ditimbulkan oleh polusi gas NO_x adalah penyakit pernafasan. Dalam penelitian ini dilakukan estimasi nilai kerugian karena menurunnya kesehatan penduduk akibat adanya polusi gas NO_x, melalui

pengembangan model simulasi sistem dinamik. Simulasi adalah proses menirukan perilaku suatu gejala dengan tujuan untuk memahami gejala tersebut (Muhammadi *et al.*, 2001). Simulasi dikembangkan dengan cara membuat analisis dan peramalan perilaku gejala dimasa yang akan datang.

Tabel 1. Faktor Emisi dari Sejumlah Tipe Bahan Bakar

Tipe kendaraan/ bahan bakar	Faktor emisi (gram/liter)						Catatan (km/l)
	NOx	CH ₄	NM VOC	CO	N ₂ O	CO ₂	
Bensin:							
• Kendaraan penumpang	21.35	0.71	53.38	462.63	0.04	2597.86	Ass 8.9
• Kendaraan niaga kecil	24.91	0.71	49.82	295.37	0.04	2597.86	Ass 7.4
• Kendaraan niaga besar	32.03	0.71	28.47	281.14	0.04	2597.86	Ass 4.4
• Sepeda motor	7.12	3.56	85.41	427.05	0.04	2597.86	Ass 19.6
Diesel:							
• Kendaraan penumpang	11.86	0.08	2.77	11.86	0.16	2924.90	Ass 13.7
• Kendaraan niaga kecil	15.81	0.04	3.95	15.81	0.16	2924.90	Ass. 9.2
• Kendaraan niaga besar	39.53	0.24	7.91	35.57	0.12	2924.90	Ass. 3.3
• Lokomotif	71.15	0.24	5.14	24.11	0.08	2964.43	
LPG:							
• Kend penumpang (Eropa)	34.62	0.77	23.08	100.00	0.00	2500.00	Ass. 8.9
• Kend penumpang (US)	14.62	1.15	24.62	55.77	0.00	2426.92	
• Kendaraan niaga besar	13.85	1.15	19.62	58.46	0.00	2426.92	
LNG*)							
• Kendaraan penumpang	13.52	22.42	3.20	25.62	0.00	1996.44	Ass. 6.5
• Kendaraan niaga besar (bensin)	12.46	21.71	3.20	25.98	0.00	1996.44	Ass. 2.2
• Kendaraan niaga besar (solar)	45.55	19.93	3.91	15.66	0.00	1996.44	Ass. 2.0 3
Methanol/ethanol**) Km/m3							
• Kend penumpang (M85)	5.07	0.27	6.67	31.73	0.00	1858.67	
• Kendaraan niaga besar (M100)	8.00	0.27	2.93	8.00	0.00	1834.67	

Catatan: *) liter ekuivalen terhadap bensin, **) methanol dan ethanol memiliki sifat yang sama

Sumber: Isnaeni *et al.* (2001)

METODOLOGI

Dalam penelitian ini dilakukan penilaian dampak polusi gas NO_x di udara terhadap kesehatan penduduk DKI Jakarta. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari survey yang dilakukan Badan Pusat Statistik (BPS) dan Ditlantas Polri serta pengamatan Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) selama 12 tahun. Data sekunder (Lampiran 1), merupakan data tahun 1993 sampai dengan tahun 2004, namun demikian data tahun 1998 tidak disertakan dalam analisis, karena merupakan data pencilan akibat terjadinya krisis nasional pada saat itu. Metode yang digunakan adalah pengembangan model simulasi sistem dinamik untuk menganalisis apakah konsumsi BBF yang dibutuhkan oleh penduduk di DKI Jakarta dan data kondisi sosial, ekonomi, serta meteorologi yang digunakan akan mempengaruhi jumlah emisi polutan gas NO_x.

Selain menggunakan data sekunder, pengembangan model simulasi sistem dinamik juga didasarkan atas faktor-faktor konversi, serta data berbagai hasil penelitian terdahulu baik dari dalam maupun luar negeri, yang akan disebutkan sumbernya setiap kali digunakan. Tahap-tahap dalam pengembangan model simulasi sistem dinamik adalah:

1. menganalisis data sekunder yang diperoleh,
2. menelaah berbagai penelitian yang hasilnya digunakan dalam pengembangan model,
3. meng-input-kan seluruh persamaan dan variabel yang diperoleh pada tahap 1 dan 2 ke diagram *stock-flow*.

Data dari BPS DKI (2005a) menyatakan bahwa kepadatan penduduk DKI Jakarta mencapai 11.300 orang/km², sehingga menjadikan propinsi ini sebagai wilayah terpadat penduduknya di Indonesia. Sedangkan ditinjau dari jumlah kendaraan, di DKI Jakarta telah terjadi pengembangan perumahan pada daerah yang jauh dari kegiatan usaha, perkantoran, dan industri yang menyebabkan peningkatan kebutuhan kendaraan sebagai alat transportasi. Meningkatnya jumlah kendaraan menyebabkan kemacetan, karena pembangunan kawasan perumahan pada umumnya tidak disertai dengan pembangunan jalan raya serta pengembangan sistem transportasi. Kemacetan tersebut akan meningkatkan pencemaran udara, termasuk yang berupa gas NO_x, sebab berbagai tipe kendaraan dengan bahan bakarnya mengemisikan sejumlah polutan ke udara ambien.

Selain dipengaruhi oleh jumlah penduduk, penggunaan BBF, dan kendaraan, ternyata konsentrasi gas NO_x di udara juga bergantung pada berbagai hal. Menurut Soedomo (2001) konsentrasi gas nitrogen oksida (NO_x) di udara ambien dapat diwakili oleh konsentrasi gas NO₂. Karena nitrogen dioksida (NO₂) merupakan bagian yang paling dominan dari gas NO_x, sehingga oksida-oksida nitrogen biasanya diukur sebagai gas NO₂. Analisis terhadap data sekunder yang diperoleh bertujuan untuk menentukan variabel apa saja yang mempengaruhi konsentrasi ambien gas NO₂. Hasil analisis menyatakan variabel-variabel yang dianggap mempengaruhi konsentrasi ambien NO₂ adalah:

1. Jumlah penduduk DKI Jakarta, dinyatakan dengan variabel penduduk dalam satuan juta jiwa.
2. Besarnya pendapatan penduduk per tahun, dinyatakan dengan variabel Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) dalam satuan triliun Rupiah.
3. Jumlah kendaraan di DKI Jakarta, dinyatakan dengan variabel kendaraan atau mobil dalam satuan juta.
4. Volume penjualan Bahan Bakar Minyak (BBM) yang dinyatakan dengan variabel BBM dalam satuan milyar liter.
5. Produksi listrik yang dinyatakan dengan variabel listrik dalam satuan milyar kWh.
6. Jumlah curah hujan yang dinyatakan dengan variabel hujan dalam satuan ribu mm.
7. Temperatur udara rata-rata yang dinyatakan dengan variabel suhu dalam satuan derajat Celcius.

Ke tujuh variabel yang diduga akan mempengaruhi konsentrasi ambien gas NO₂ di udara diidentifikasi secara statistik menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS). Secara prinsip metode OLS bertujuan untuk menentukan estimator *least square* a, b dan c, sehingga persamaan regresi $Y_t = a + b X_t + c Z_t + \epsilon_t$ dengan Y_t merupakan parameter yang diprediksi mempunyai jarak terpendek pada garis regresi dan ϵ_t adalah random error. Dengan demikian Y_t merupakan pilihan terbaik bagi variabel yang dimaksud (Shazam, 2004). Dengan asumsi bahwa pengaruh variabel-variabel tersebut merupakan fungsi linier terhadap konsentrasi ambien gas NO₂, maka hubungannya dapat dinyatakan dengan persamaan regresi. Persamaan regresi yang dihasilkan dianalisis kecocokannya terhadap perilaku data. Terdapat lima hal penting dari metode OLS yang secara khusus diperhatikan pada penelitian ini (Levin & Fox, 1996 dan Sarwoko, 2005):

1. Nilai standard deviasi (S): merupakan ukuran kesesuaian model regresi dengan perilaku data, makin kecil nilai S makin tepat estimasi model regresi yang dihasilkan dengan perilaku data sampel.

2. Nilai koefisien determinasi, yang dinyatakan sebagai (R-sq) atau R_i^2 atau [R-sq(adj)]: merupakan ukuran sejauh mana kecocokan antara data dengan garis estimasi regresi. Makin tinggi nilai R-sq makin cocok antara model regresi dengan prediksi data populasi, dan nilai R-sq maksimum adalah 100%.
3. Nilai *Variance Inflation Factor* (VIF): merupakan nilai hasil pengukuran multikolinearitas, untuk mendeteksi sejauh mana sebuah variabel independen dapat diterangkan oleh semua variabel independen lainnya yang terdapat di dalam persamaan regresi. Persamaan matematis yang digunakan untuk menghitung VIF untuk koefisien b_i adalah:

$$VIF(b_i) = \frac{1}{1 - R_i^2} \dots\dots\dots (1)$$

di mana, R_i^2 adalah koefisien determinasi. Pada umumnya multikolinearitas dikatakan berat apabila nilai VIF dari suatu variabel melebihi 10.

4. Uji statistik Durbin-Watson (DW): merupakan uji yang digunakan untuk menentukan otokorelasi urutan pertama pada *error term* dari sebuah persamaan regresi. Persamaan matematik yang digunakan pada pengamatan ke t adalah:

$$DW = \frac{\sum_2^t (u_t - u_{t-1})^2}{\sum_1^t u_t^2} \dots\dots\dots (2)$$

di mana u_t adalah nilai-nilai residu OLS. Arti nilai statistik DW:

- DW = 0, jika terdapat otokorelasi ekstrim positif,
 - DW = 2, jika tidak terdapat otokorelasi, dan nilai DW di sekitar 2 merupakan nilai ideal,
 - DW = 4, jika terdapat otokorelasi ekstrim negatif.
5. Uji Cochrane-Orcutt: merupakan metode untuk menghilangkan otokorelasi urutan pertama pada sebuah estimasi persamaan regresi, dengan cara melakukan pengulangan atau iterasi untuk mendapatkan estimasi persamaan regresi yang tidak mengandung otokorelasi.

Hasil identifikasi variabel yang dilakukan secara statistik dengan menggunakan data sekunder menyatakan bahwa hanya 5 dari 7 variabel yang mempengaruhi konsentrasi ambien gas NO_2 di udara, dan dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$\text{Konsentrasi Ambien } NO_2 = -0.17019 + 0.019162 \text{ penduduk} + 0.033731 \text{ pdrb_n} + 0.46410 \text{ mobil_n} + 0.038314 \text{ listrik_n} + 0.81404 \text{ hujan_n}$$

Dimana variabel pdrb_n, mobil_n, listrik_n, dan hujan_n merupakan variabel hasil transformasi dari:

1. Variabel PDRB ditrasformasi menjadi variabel PDRB_n dengan fungsi kuadrat:

$$PDRB_n = -0.2947 + (0.0097 * PDRB) - (7 * 10^{-5} * PDRB^2)$$

2. Variabel Kendaraan ditrasformasi menjadi variabel Mobil_n dengan fungsi kubik:

$$Mobil_n = -0.2090 + (0.1715 * Kendaraan) - (0.0381 * Kendaraan^2) + (0.0026 * Kendaraan^3)$$

3. Variabel Listrik ditrasformasi menjadi variabel Listrik_n dengan fungsi kuadrat:

$$Listrik_n = -0.1308 + (0.0173 * Listrik) - (0.0004 * Listrik^2)$$

4. Variabel Hujan ditrasformasi menjadi variabel Hujan_n dengan fungsi kubik:

$$Hujan_n = -0.2969 + (0.7462 * Hujan) - (0.5127 * Hujan^2) + (0.1086 * Hujan^3)$$

Tahap berikutnya dalam pengembangan model adalah menelaah penelitian-penelitian sejenis yang telah dilakukan sebelumnya. Menurut penelitian Olsthoorn *et al* (1999) ada hal yang rumit dalam emisi gas NO_x, karena di atmosfer sebagian dari gas NO₂ akan dikonversi menjadi partikel ammonium nitrat (yang disebut *secondary* PM₁₀), dengan persamaan matematik:

$$[Amonium\ nitrat] = 0,377 / 1877,55 * [NO_2]^{0,63} * 100 / 89 \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

- [Amonium nitrat]= konsentrasi amonium nitrat (µg.m⁻³)
- [NO₂] = konsentrasi NO₂ (µg.m⁻³)
- 1877,55 = faktor konversi konsentrasi NO₂ dari ppm ke µg/m³

Menurut Howell (1995) sekitar 90% emisi gas NO_x dihasilkan secara antropogenik, hanya 11% emisi gas NO_x dihasilkan secara alamiah. Karena dalam penelitian ini yang akan ditinjau hanya emisi gas NO₂ yang berasal dari kegiatan antropogenik, maka dalam penghitungan konsentrasi ambien gas NO₂ dikurangi 11%.

Tidak selamanya konsentrasi ambien gas NO₂ akan terakumulasi di udara, melainkan akan berkurang dengan waktu. Pengurangan konsentrasi ambien terhadap waktu dinyatakan dengan waktu paruh (*half-life*), yaitu waktu yang dibutuhkan suatu zat untuk mengurangi konsentrasi sampai setengah dari konsentrasi awalnya (Brady, 1990). Itulah sebabnya pada model simulasi sistem dinamis yang dikembangkan dalam penelitian ini terdapat 2 nilai konsentrasi ambien gas NO₂. Konsentrasi ambien yang kedua merupakan variabel konsentrasi polutan yang telah memperhitungkan adanya waktu paruh. Waktu paruh untuk gas NO₂ di udara ambien menurut The National Environment Protection Council (NEPC) (2006) adalah 50 hari.

Setelah memahami berbagai hal yang mempengaruhi jumlah konsentrasi gas NO₂ di udara, berikut dijabarkan hasil-hasil penelitian mengenai dampak negatif yang ditimbulkan oleh polutan ini, terutama yang berkaitan dengan kesehatan masyarakat. Tidak semua penduduk DKI akan terpengaruh oleh pencemaran ini. Untuk mengetahui jumlah populasi yang terpapar polusi gas NO₂ digunakan asumsi bahwa persentasi penduduk Jakarta yang akan mengalami gangguan kesehatan karena polusi udara adalah 12,6% (Ostro, 1994). Dalam model ini angka tersebut dinyatakan sebagai variabel proporsi penduduk terpapar.

Hasil penelitian Ostro (1994) dan Syahril *et al.* (2002) juga menyatakan bahwa terjadi kasus kesehatan akibat polusi gas NO₂ di udara ambien Jakarta, berupa gangguan pernafasan (RSD =

Respiratory Symptomps Disease). Penyakit gangguan pernafasan ini disebabkan adanya gas NO₂ yang terhirup oleh manusia dan merusak sistem pernafasan. Bahkan pada beberapa kasus, paru-paru akan mengalami pembengkakan akibat tingginya konsentrasi gas NO₂ yang masuk dalam sistem pernafasan. Hubungan antara konsentrasi gas NO₂ terhadap jumlah penderita RSD dapat dinyatakan dengan persamaan matematik berikut:

$$NRSD(t) = 6,02 * \left[\frac{NO_2(t) - NO_{2,st}}{NO_{2,st}} \right] * Pr A(t) * P(t) / 1877,55 \dots\dots\dots (4)$$

dimana:

- NRSD(t) : jumlah penderita RSD pada tahun ke-t
- NO₂(t) : konsentrasi gas NO₂ (ppm) pada tahun ke-t
- NO_{2st} : Baku Mutu Ambien (BMA) konsentrasi NO₂ per tahun
- PrA(t) : persentase orang dewasa pada tahun ke-t.
PrA(2000) = 73,1% (BPS, 2005a).
- P(t) : jumlah populasi pada tahun ke-t
- 1877,55 : faktor konversi konsentrasi NO₂ dari ppm ke µg/m³


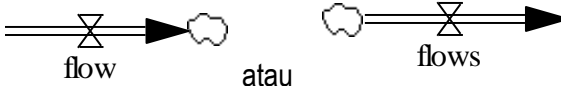

Dari persamaan (4) terlihat bahwa polusi gas NO₂ baru berpengaruh terhadap kesehatan jika konsentrasinya di udara ambien telah melebihi baku mutu. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 tahun 1999, yang dimaksud dengan Baku Mutu Udara Ambien (BMA) adalah ukuran batas atau kadar zat, energi, dan/atau komponen yang ada atau yang seharusnya ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien. BMA gas NO₂ untuk propinsi DKI Jakarta telah diatur pada Keputusan Gubernur DKI nomor 551 tahun 2001, yaitu sebesar 0,03 ppm.

Untuk mengestimasi nilai kesehatan akibat pencemaran gas NO₂ digunakan data statistik kesehatan yang dipublikasikan BPS. Data BPS (2005b) menyatakan bahwa rata-rata biaya rawat jalan di fasilitas kesehatan DKI Jakarta adalah Rp 36.506,17 dan biaya rawat inap Rp 49.831,60 per hari. Dalam pengembangan model ini biaya rawat jalan dibulatkan menjadi Rp 37.000,- dan biaya rawat inap Rp 50.000,-. Data BPS (2006) menyatakan bahwa rata-rata lamanya orang sakit dalam 1 tahun adalah 20 hari. Dengan asumsi bahwa penyakit yang berhubungan pernafasan pada umumnya belum membutuhkan perawatan pada 5 hari pertama dan membutuhkan 10 kali rawat jalan serta 5 hari rawat inap, maka biaya untuk mengobati tiap orang yang menderita penyakit pernafasan akibat terpapar polusi gas NO₂ diasumsikan sebesar Rp 620.000,- dalam setahun.

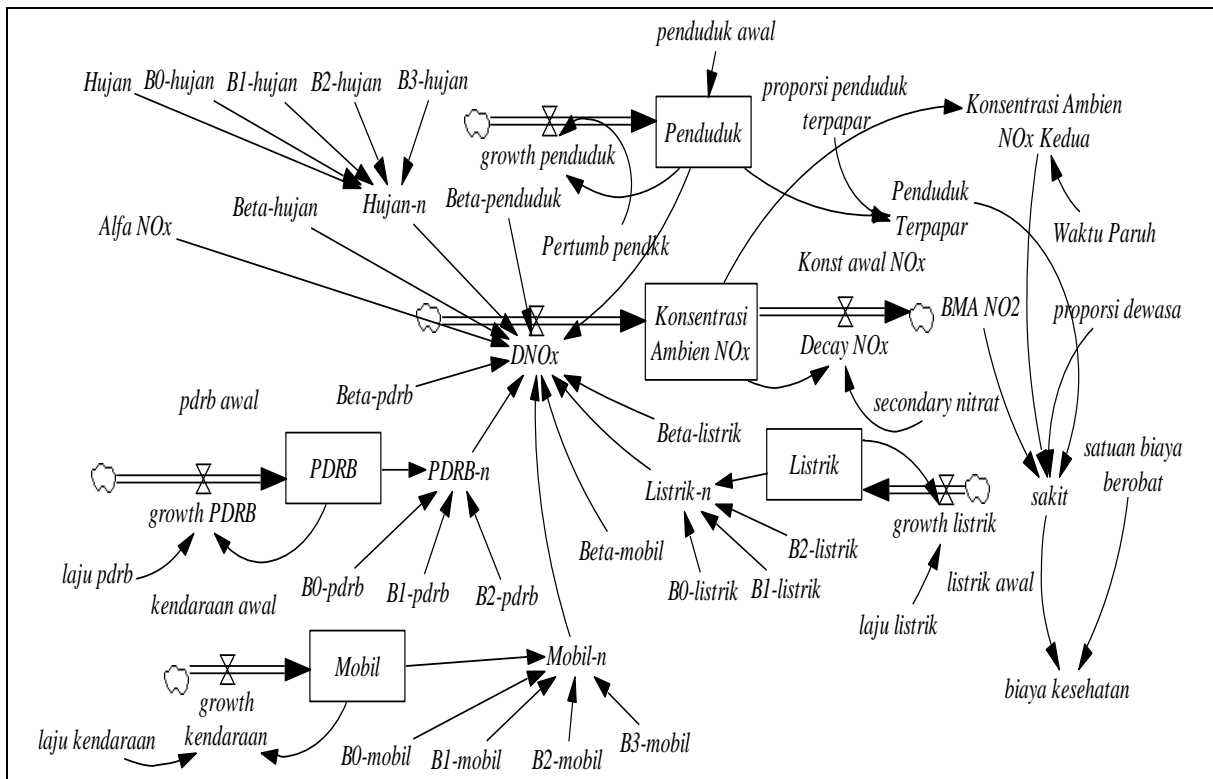
Tahap terakhir dalam pengembangan model simulasi sistem dinamik adalah memasukkan seluruh persamaan dan variabel hasil analisis ke dalam model. Terdapat berbagai perangkat lunak untuk mengembangkan model simulasi sistem dinamik, seperti: Vensim, Powersim, Dynamo Professional, Ithink, Stella, Mystrategy, dan Pro-Model. Dalam penelitian ini pengembangan model dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Vensim.

Pada pengembangan model simulasi sistem dinamik persamaan dan variabel di-*input*-kan dalam diagram *stock flow*. *Stock* dan *Flow* dapat dianalogikan dengan bak air dan keran air. *Stock* atau *level* dapat digambarkan sebagai bak air atau suatu tempat penampungan. Sedangkan *flow* atau *rate* dilukiskan sebagai keran air atau aliran keluar/masuk dari dan ke *stock*. Cara pengosongan/pengisian *stock* digambarkan dengan *link*-nya terhadap berbagai variabel atau

konstanta. Berbagai notasi yang terdapat dalam diagram *stock flow* yang dibangun dengan perangkat lunak Vensim adalah:

1. *Stock* : 
2. *Flow* : 
3. Hubungan (*link*) : 
4. Variabel : merupakan variabel atau konstanta yang digunakan

Setiap *stock* dan variabel serta satuan yang digunakan dalam pengembangan model simulasi sistem dinamik di-*input*-kan berdasarkan persamaan-persamaan yang telah dijelaskan sebelumnya. Pengembangan model dengan diagram *stock flow* dalam penelitian ini bertujuan untuk melakukan simulasi atau prediksi antara jumlah konsentrasi ambien gas NO₂ di udara terhadap waktu (tahun) maupun variabel-variabel lainnya. Bentuk pengembangan diagram *stock flow* dapat dilihat pada gambar berikut.

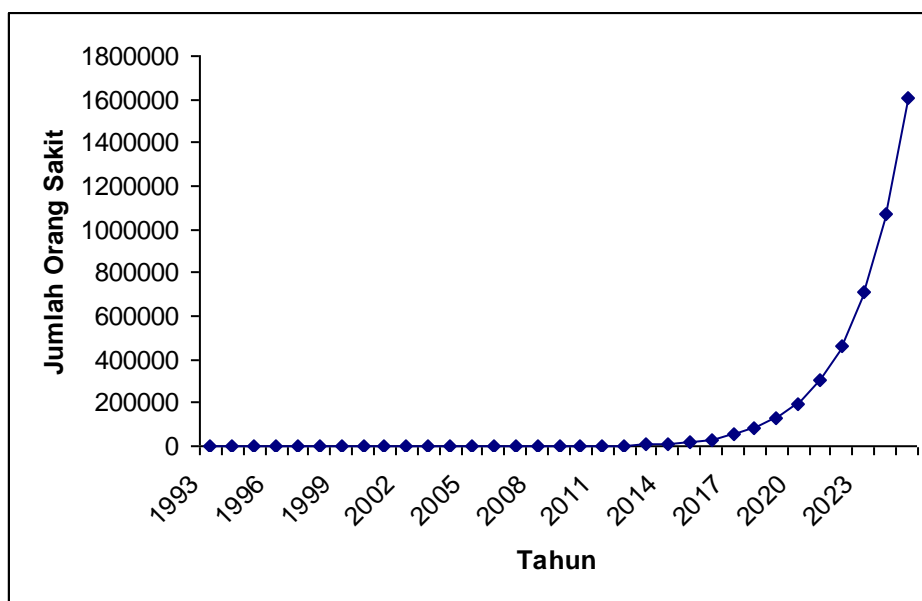


Gambar 1. Diagram Stock-Flow Simulasi Sistem Dinamik Pencemaran Gas NO₂

Output dari persamaan, variabel, konstanta dan satuan yang digunakan pada diagram *stock flow* tertera pada Lampiran 2. Berdasarkan diagram *stock flow* yang dikembangkan simulasi dapat dilakukan. Pada penelitian ini simulasi dilakukan mulai tahun 1993 (data awal, *INITIAL TIME*) sampai dengan tahun 2025 (*FINAL TIME*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil simulasi dari model yang dikembangkan terdapat pada Lampiran 3. Selain dalam bentuk data, hasil simulasi juga dapat ditampilkan dalam bentuk grafik. Temuan yang sangat penting dari penelitian adalah, jika emisi gas NO_2 di DKI Jakarta berlangsung seperti sekarang, maka mulai tahun 2012 akan terdapat orang yang sakit pernafasan akibat polusi udara gas ini. Simulasi peningkatan jumlah orang sakit pernafasan terhadap waktu menghasilkan grafik berikut.

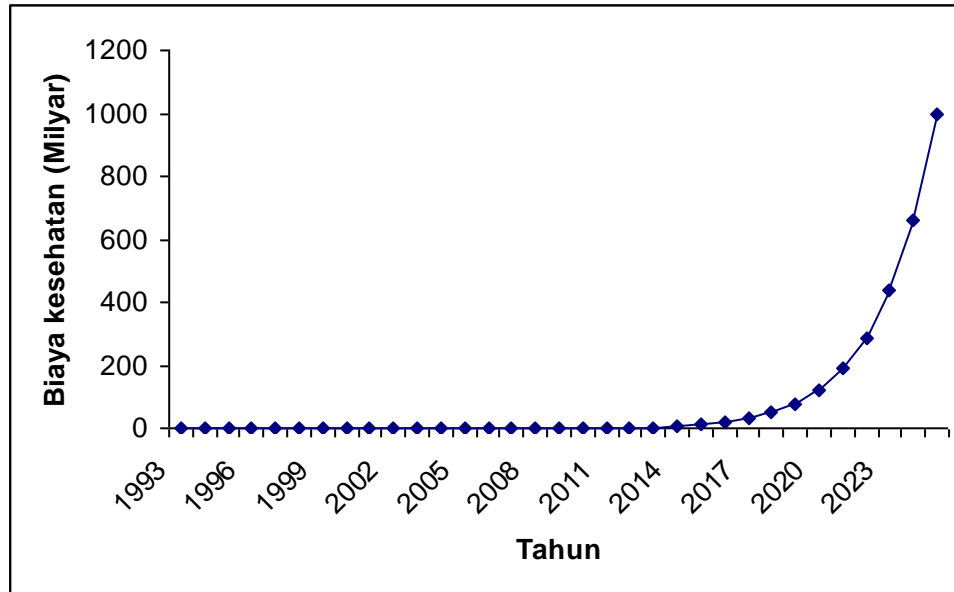


Gambar 2. Dampak Polusi Gas NO_2 Terhadap Jumlah Orang Sakit

Dalam studi ini jumlah orang yang sakit akibat polusi gas NO_x di udara diperkirakan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, tentunya hasil studi akan lebih memuaskan jika didasarkan atas data jumlah orang yang sakit. Idealnya berbagai penyakit yang muncul di masyarakat secara teratur didata di setiap puskesmas, rumah sakit, maupun klinik kesehatan lainnya lalu dilaporkan ke Dinas Kesehatan Propinsi DKI Jakarta.

Meskipun dengan adanya data penderita simptom pernafasan tidak dapat langsung disimpulkan bahwa penyakit ini disebabkan oleh polusi udara, namun data tersebut akan memiliki makna yang sangat besar apabila diolah dan hasilnya dimanfaatkan untuk meningkatkan penanganan berbagai penyakit yang diderita masyarakat. Sayangnya sampai saat ini dalam struktur organisasi Dinas Kesehatan Propinsi DKI Jakarta belum ada bagian yang secara spesifik menangani pengolahan data, pengawasan serta penanggulangan dampak kesehatan, apalagi yang disebabkan oleh menurunnya kualitas udara. Kondisi ini tentunya akan memperlemah upaya penanggulangan dampak kesehatan akibat pencemaran udara.

Hasil simulasi yang berupa biaya kesehatan menyatakan bahwa biaya yang harus dikeluarkan untuk mengobati penduduk yang sakit akibat polusi gas NO₂ juga akan terus meningkat. Bahkan pada tahun 2025 jumlahnya dapat mencapai hampir 1 Triliun Rupiah. Secara grafis hasil simulasinya adalah:



Gambar 3. Dampak Polusi Gas NO₂ Terhadap Biaya Pengobatan Orang Sakit

Dari hasil simulasi terlihat bahwa polusi gas NO₂ di DKI Jakarta tidak dapat diabaikan, karena dalam jangka yang tidak terlalu panjang akan berakibat buruk terhadap kesehatan penduduk. Meskipun biaya pengobatan yang diasumsikan pada model ini merupakan biaya yang termurah (*under estimate*), namun menghasilkan biaya kesehatan yang cukup tinggi. Karena itu sumber emisi gas NO₂ di DKI Jakarta perlu dikendalikan agar konsentrasinya di udara ambien tidak melebihi baku mutu.

Untuk mereduksi konsentrasi gas NO₂ di udara ambien perlu diketahui terlebih dahulu faktor apa saja yang mempengaruhi besarnya konsentrasi polutan ini. Simulasi yang dilakukan pada penelitian ini menyatakan bahwa konsentrasi gas NO₂ di udara ambien dipengaruhi oleh jumlah penduduk, PDRB (Produk Domestik Regional Bruto), jumlah kendaraan, produksi listrik, dan curah hujan. Hasil simulasi sesuai dengan pernyataan Stern (2004) bahwa keinginan manusia untuk memperbaiki kualitas hidup, yang dalam penelitian ini dinyatakan dengan variabel PDRB dan jumlah kendaraan, selalu diikuti dengan penambahan kebutuhan energi, yang dinyatakan dengan variabel produksi listrik.

Sedangkan hubungan antara kualitas hidup atau tingkat kesejahteraan terhadap adanya pencemaran yang dihasilkan pada penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Bartz & Kelly (2004); Stern (2004); Susandi (2004); serta Hung & Shaw (2005); yang mempelajari hubungan antara kesejahteraan dengan degradasi lingkungan dan menyimpulkan bahwa tingkat kesejahteraan mempengaruhi degradasi lingkungan dengan mengikuti fungsi kuadrat. Fungsi tersebut memperlihatkan bahwa di awal masa pembangunan untuk meningkatkan kualitas hidup pencemaran akan meningkat seiring dengan meningkatnya kesejahteraan, namun setelah mencapai

titik tertentu degradasi lingkungan akibat adanya pencemaran akan menurun meskipun kesejahteraan meningkat.

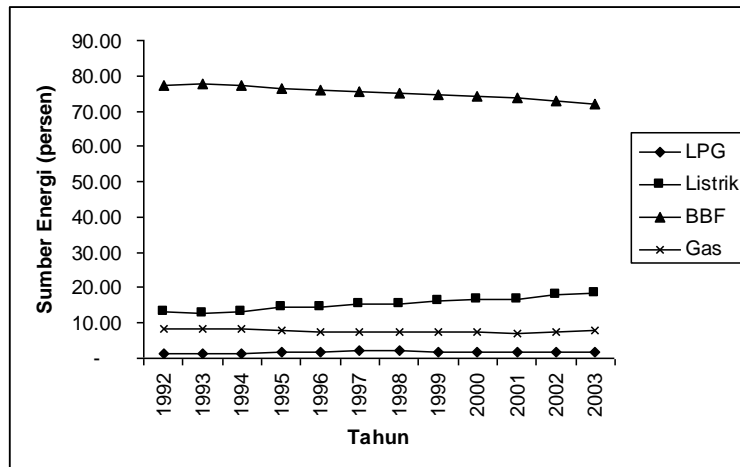
Dari lima variabel yang mempengaruhi besarnya konsentrasi ambien gas NO_2 di udara hanya curah hujan yang merupakan faktor iklim, ke-empat variabel lainnya merupakan faktor sosial demografis yang seharusnya dapat dikelola melalui kebijakan publik. Sebenarnya pemerintah telah memiliki berbagai kebijakan untuk mengelola konsentrasi ambien gas NO_2 di udara. Saat ini telah ada perangkat hukum yang mengatur BME (Baku Mutu Emisi) gas NO_2 , baik yang berlaku di tingkat pusat (PP 41/1999) maupun tingkat propinsi (KepGub DKI Jakarta 670/2000 dan 1041/2000), sayangnya kebijakan tersebut belum berfungsi secara efektif. Hal ini terlihat dari data maupun prediksi konsentrasi ambien gas NO_2 di udara yang diperoleh dalam penelitian ini.

Meskipun data konsentrasi rata-rata tahunan gas NO_2 yang melewati dan mendekati batas ambang konsentrasi ambien (0.03 ppm, KepGub DKI Jakarta 551/2001), hanya terjadi pada tahun 1996 sampai dengan 2000. Tetapi hasil pengamatan yang dilakukan secara harian atau bulanan menunjukkan bahwa konsentrasi ambien gas NO_2 di Jakarta telah melebihi batas ambang. Terlebih lagi data hasil prediksi dalam studi ini yang menyatakan bahwa konsentrasi ambien gas NO_2 akan terus meningkat.

Mengingat bahaya terhadap kesehatan yang ditimbulkan akibat pencemaran gas NO_2 serta besarnya biaya yang harus dibayarkan, maka perlu dikembangkan kebijakan yang lebih mengikat terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi peningkatan konsentrasi gas pencemar ini. Kebijakan lingkungan udara di Indonesia, yang tertuang dalam UU 23/1997 dan PP 41/1999, menggunakan pendekatan atur dan awasi (*command and control*). Kebijakan tersebut ternyata belum efektif untuk mendorong reduksi emisi dari pencemar udara, termasuk gas NO_2 , karena sering berbenturan dengan kepentingan ekonomi. Sehingga pendekatan *command and control* perlu dikombinasi dengan pendekatan ekonomi agar kepentingan ekonomi dan lingkungan bisa sejalan dan dapat mendorong perubahan perilaku masyarakat yang pada akhirnya diharapkan akan mengurangi emisi polutan.

Salah satu pendekatan ekonomi yang dapat digunakan untuk mereduksi pencemaran yang berupa gas NO_2 adalah dengan mengurangi penggunaan BBF. Kebutuhan energi di Indonesia sebagian besar dipenuhi melalui pembakaran BBF, yang dibuktikan dengan pengolahan data dari Pengkajian Energi Universitas Indonesia (2004), yaitu mulai tahun 1992 sampai dengan 2003 penggunaan BBF sebagai sumber energi di Indonesia selalu di atas 72 persen (Gambar 4).

Ketergantungan pada BBF sebagai sumber energi merupakan salah satu faktor yang menyebabkan pencemaran udara, hal ini disebabkan adanya subsidi terhadap bahan bakar minyak sehingga menghambat pengembangan energi yang lebih ramah lingkungan. Setelah dikeluarkannya Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional pengembangan bahan bakar alternatif mulai digalakkan, terutama pengembangan bahan bakar nabati. Sebenarnya selain bahan bakar nabati, Indonesia juga memiliki berbagai sumber energi yang ramah lingkungan seperti panas bumi, energi angin, tenaga surya, dan tenaga air. Untuk mengurangi ketergantungan terhadap BBF sudah saatnya digiatkan penggunaan sumber-sumber energi tersebut agar pencemaran udara tidak semakin meningkat.



Sumber: Diolah dari Pengkajian Energi Universitas Indonesia (2004)

Gambar 4. Sumber Energi di Indonesia

Sedangkan pendekatan lingkungan untuk mengatasi pencemaran udara oleh gas NO₂ antara lain dapat dilakukan dengan pembenahan sistem transportasi. Karena peningkatan jumlah kendaraan menyebabkan peningkatan emisi gas NO₂ ke udara. Untuk mengendalikan hal itu pemerintah perlu mendorong pengintegrasian pengembangan sistem transportasi, terutama pengembangan sistem transportasi publik. Selain itu sistem transportasi juga perlu dijadikan sebagai salah satu persyaratan dalam pembangunan kawasan perumahan. Penggunaan kendaraan secara bersama (*car pooling*) merupakan salah satu alternatif dalam mengendalikan kemacetan. Pemerintah juga perlu mendorong industri untuk menyediakan angkutan bagi karyawannya, sehingga beban lalu lintas menjadi semakin berkurang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan pertama yang diperoleh dari penelitian ini berupa faktor-faktor demografi, ekonomi, dan sosial yang mempengaruhi konsentrasi ambien gas NO₂ di udara, yaitu: jumlah penduduk, pendapatan masyarakat yang dinyatakan dengan PDRB jumlah kendaraan bermotor yang setara dengan penggunaan BBF sebagai bahan bakarnya, serta produksi listrik. Di samping itu konsentrasi ambien gas NO₂ di udara juga dipengaruhi oleh faktor iklim yang berupa curah hujan.

Hasil simulasi yang dilakukan pada penelitian ini menyimpulkan bahwa di DKI Jakarta sumber pencemaran udara yang berupa gas-gas oksida nitrogen (NO_x) terutama berasal dari kendaraan bermotor. Mulai tahun 2012 diprediksi akan ada sejumlah 1933 penduduk DKI Jakarta yang mengalami sakit simptom pernafasan akibat polusi udara ini, dan jumlahnya akan terus meningkat. Biaya yang harus dikeluarkan setiap tahun terkait dengan permasalahan kesehatan yang berasal dari pencemaran udara tersebut diperkirakan mencapai hampir 1 Triliun Rupiah pada tahun 2025, apabila tidak ada tindakan-tindakan pengendalian yang dilakukan. Prediksi jumlah biaya yang cukup besar ini tentunya dapat dijadikan dasar pertimbangan bagi pemberlakuan kebijakan mengenai pengendalian pencemaran udara.

Selain dari kebijakan dengan pendekatan *command and control* yang telah ada, kebijakan mengenai pengendalian pencemaran udara perlu dikombinasi dengan pendekatan ekonomi dan lingkungan. Pendekatan ekonomi dapat dilakukan melalui diversifikasi penggunaan sumber energi

atau pengurangan penggunaan BBF. Sedangkan kebijakan yang didasarkan pada pendekatan lingkungan perlu dikembangkan untuk membenahi sektor transportasi.

Sebenarnya masih ada kemungkinan bertambahnya faktor-faktor sosial dan ekonomi yang mempengaruhi besarnya konsentrasi pencemar gas NO₂ di udara, seperti jumlah industri, jumlah pekerja, tingkat pendidikan masyarakat, dan lain-lain. Namun karena terbatasnya data yang dapat diperoleh pada penelitian ini, maka analisis yang lebih mendalam terhadap faktor-faktor tersebut belum dapat dilaksanakan. Untuk itu perlu dilakukan penelitian lanjutan guna menganalisis pengaruh faktor sosial dan ekonomi lainnya, terutama kaitan antara tingkat pendidikan masyarakat terhadap pencemaran. Karena diyakini bahwa pendidikan merupakan faktor yang sangat berperan dalam mengendalikan pencemaran.

REFERENSI

- Bartz S, & Kelly, D.L. (2004). *Economic Growth and the Environment: Theory and Facts*. Diambil 21 Juni 2005 dari <http://www.hec.ca/cref/sem/documents/040325.pdf>.
- Badan Pusat Statistik. (2005a). *Statistik kesehatan 2004*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. (2005b). *Proyeksi Penduduk Indonesia 2000-2025*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. (2006). *Beberapa indikator penting sosial-ekonomi Indonesia*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik Propinsi DKI Jakarta. (2005). *Jakarta dalam angka 2004*. Jakarta: Badan Pusat Statistik Propinsi DKI Jakarta.
- Brady, J.E. (1990). *General chemistry - principles & structure*. New York: John Wiley & Sons.
- Howells, G. (1995). *Acid rain and acid waters 2nd ed*. New York: Ellis Horwood Limited.
- Hung, M.F. & Shaw, D. (2005). *Economic growth and the environmental Kuznets curve in Taiwan: A simultaneity model analysis*. Diambil 21 Juni 2005 dari <http://www.sinica.edu.tw/econ/dshaw/download/ekc.pdf>.
- Isnaeni, M., Al-Rasyid, H., & Santoso, I. (2001). *Pengembangan metodologi pemodelan untuk mengestimasi dampak lingkungan dan dampak ekonomi bagi sistem transportasi kota yang berkelanjutan*. Prosiding Simposium ke-4 FSTPT, Udayana Bali, 8 November 2001.
- Keputusan Gubernur DKI No 1041 tahun 2000 tentang Baku Mutu Udara Emisi Kendaraan Bermotor di Propinsi DKI Jakarta. Diambil 7 Juni 2006 dari http://bplhd.jakarta.go.id/uupp/KEPGUB_NO_1041_TH_2000.pdf.
- Keputusan Gubernur DKI No 670 tahun 2000 tentang Penetapan Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak di Propinsi DKI Jakarta. Diambil 7 Juni 2006 dari http://bplhd.jakarta.go.id/uupp/KEPGUB_NO_670_TH_2000.pdf.
- Keputusan Gubernur DKI No 551 tahun 2001 tentang Penetapan Baku Mutu Udara Ambien dan Baku Tingkat Kebisingan di Propinsi DKI Jakarta. Diambil 7 Juni 2006 dari http://bplhd.jakarta.go.id/uupp/KEPGUB_NO_551_TH_2001.pdf.
- Levin, J., & Fox, J.A. (1996). *Elementary statistics in social research 7th ed*. New York: Addison-Wesley Educational Publishers Inc.
- The National Environment Protection Council. (2006). *National environment protection (National pollutant inventory) measure*. Diambil 28 Februari 2007 dari http://www.ephc.gov.au/pdf/npi/npi_final_tap_report_06_06.pdf.
- Muhammadi, Aminullah, E., & Soesilo, B. (2001). *Analisis sistem dinamis: Lingkungan hidup, sosial, ekonomi, manajemen*. Jakarta: UMJ Press.

- Olsthoorn, X., Amann, M., Bartonova, A., Clench-Aas, J., Cofala, J., Dorland, K., Guerreiro, C., Henriksen, J.F., Jansen, H., & Larssen, S. (1999). Cost benefit analysis of European air quality target for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and fine and suspended particulate matter in cities. *Environmental and Resource Economics*, 14, 333-351.
- Ostro, B. (1994). Estimating the health effects of air pollutants: A method with an application to Jakarta. Diambil 18 Januari 2006 dari http://wdsbeta.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/IW3P/IB/1994/05/01/000009265_3970716141007/Rendered/PDF/multi0page.pdf.
- Pengkajian Energi Universitas Indonesia. (2004). *Indonesia energy outlook and statistics 2004*. Depok: PE-UI.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Diambil 16 Maret 2004 dari http://www.indonesia.go.id/produk_uu/isi/produk_99/PP'99/PP41'99.html.
- Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional. Diambil 10 Agustus 2007 dari http://www.batan.go.id/ref_utama/perpres_5_2006.pdf.
- Sarwoko, M. (2005). *Dasar-dasar ekonometrika*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Sawir, I. (1997). Acid deposition: Measures for limiting its effects on freshwater ecosystem and its case in Indonesia. *Jurnal Studi Indonesia*, 7 (1), 78-97.
- Shazam. (2004). Ordinary least squares regression. Diambil 1 Februari 2005 dari <http://shazam.econ.ubc.ca/intro/ols2.htm>.
- Soedomo, M. (2001). *Pencemaran udara (Kumpulan karya ilmiah)*. Bandung: ITB.
- Stern, D.I. (2004). The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World Development*, 32 (8), 1419-1439.
- Susandi, A. (2004). *The impact of international greenhouse gas emissions reduction on Indonesia*. Hamburg: Reports on Earth System Science.
- Syahril, S., Resosudarmo, B.P., & Tomo, H.S. (2002). *Study on air quality in Jakarta, Indonesia: Future trends, health impacts, economic value and policy options*. ADB.
- Undang-undang No 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup. Diambil 10 Agustus 2007 dari http://www.menlh.go.id/i/art/pdf_1038299105.pdf.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Sekunder Yang Digunakan Dalam Penelitian

Tahun	Ambien NO ₂	Penduduk	PDRB	Kendaraan	BBM	Listrik	Hujan	Suhu
1993	0.007	8378030	51106459	2063490	7.819	12.11656	1954.40	27.85
1994	0.025	8318806	55505268	2684750	5.845	13.57010	1574.90	27.75
1995	0.022	8260000	60648690	3021138	6.828	15.31554	1784.80	27.86
1996	0.052	8270000	66164802	3397748	7.154	17.02780	2448.00	27.88
1997	0.041	8290000	69479434	3842761	19.391	19.23364	924.50	28.03
1998	0.035	8300000	57380517	3876562	10.248	17.87021	1913.63	28.17
1999	0.037	8310000	57215223	3909495	10.219	18.77322	1629.90	27.56
2000	0.029	8377000	59694419	4159442	6.284	20.76317	1656.60	27.85
2001	0.022	8396000	61865971	4519819	6.931	22.39403	1598.50	27.87
2002	0.014	8379000	64259075	5318814	13.093	24.02913	2061.40	28.34
2003	0.021	8604000	66744749	6021712	18.281	25.48948	1751.30	28.40
2004	0.024	8725000	70842665	7132611	19.538	26.25798	1830.90	28.52

Keterangan:

- Ambien NO₂ : Konsentrasi rata-rata gas NO₂ di udara (ppm), sumber data: BMG
 Penduduk : Jumlah penduduk (Juta Jiwa), sumber data: BPS Propinsi DKI Jakarta
 PDRB : Produk Domestik Regional Bruto DKI Jakarta (Triliun Rupiah), sumber data: Buku Jakarta Dalam Angka, BPS
 Kendaraan : Jumlah kendaraan di DKI Jakarta, tidak termasuk TNI, Polri dan Corps Diplomatik (Juta Buah), sumber data: Ditlantas Polri
 BBM : Penjualan BBM (Milyar Liter), sumber data: Buku Jakarta Dalam Angka, BPS
 Listrik : Produksi listrik (Milyar kWh), sumber data: Buku Jakarta Dalam Angka, BPS
 Hujan : Jumlah curah hujan (Ribuan mm), sumber data: BMG
 Suhu : Temperatur rata-rata (°C), sumber data: BMG

Lampiran 2. Output Dari Diagram *Stock Flow* Dalam Urutan Alfabetis

(01)	Alfa NO _x = -0.17019 Units: Dmnl/Year
(02)	"B0-hujan" = -0.2969 Units: Dmnl
(03)	"B0-listrik" = -0.1308 Units: Dmnl
(04)	"B0-mobil" = -0.209 Units: Dmnl
(05)	"B0-pdrb" = -0.2947 Units: Dmnl
(06)	"B1-hujan" = 0.7462 Units: Dmnl
(07)	"B1-listrik" = 0.0173 Units: Dmnl
(08)	"B1-mobil" = 0.1715 Units: Dmnl
(09)	"B1-pdrb" = 0.0097 Units: Dmnl

(10)	"B2-hujan" = -0.5127 Units: Dmnl
(11)	"B2-listrik" = -0.0004 Units: Dmnl
(12)	"B2-mobil" = -0.0381 Units: Dmnl
(13)	"B2-pdrb" = -7e-005 Units: Dmnl
(14)	"B3-hujan" = 0.1086 Units: Dmnl
(15)	"B3-mobil" = 0.0026 Units: Dmnl
(16)	"Beta-hujan" = 0.81404 Units: Dmnl/Year
(17)	"Beta-listrik" = 0.038314 Units: Dmnl/Year
(18)	"Beta-mobil" = 0.4641 Units: Dmnl/Year
(19)	"Beta-pdrb" = 0.033731 Units: Dmnl/Year
(20)	"Beta-penduduk" = 0.019162 Units: Dmnl/Year
(21)	biaya kesehatan = sakit * satuan biaya berobat Units: Rupiah/Year
(22)	BMA NO2 = 0.03 Units: ppm
(23)	Decay NOx = ((secondary nitrat * (Konsentrasi Ambien NOx)^0.63) * 100/89) + (0.11*Konsentrasi Ambien Nox) Units: Dmnl
(24)	DNOx = (Alfa Nox + ("Beta-penduduk" * Penduduk) + ("Beta-pdrb" * "PDRB-n") + ("Beta-mobil" * "Mobil-n") + ("Beta-listrik" * "Listrik-n")+("Beta-hujan"*"Hujan-n")) Units: Dmnl/Year
(25)	FINAL TIME = 2025 Units: Year The final time for the simulation.
(26)	growth kendaraan = Mobil * laju kendaraan Units: Dmnl/Year
(27)	growth listrik = Listrik*laju listrik Units: Dmnl/Year
(28)	growth PDRB = PDRB*laju pdrb Units: Dmnl/Year
(29)	growth penduduk = Penduduk * Pertumb pendkk Units: Dmnl/Year
(30)	Hujan = 1.954 Units: Dmnl
(31)	"Hujan-n" = "B0-hujan" + ("B1-hujan" * Hujan) + ("B2-hujan" * Hujan * Hujan) + ("B3-hujan" * Hujan * Hujan * Hujan) Units: Dmnl
(32)	INITIAL TIME = 1993 Units: Year The initial time for the simulation.

(33)	kendaraan awal = 2.06349 Units: Dmnl
(34)	Konsentrasi Ambien Nox = INTEG (DNOx-Decay NOx, Konst awal NOx) Units: Dmnl
(35)	Konsentrasi Ambien NOx Kedua = Konsentrasi Ambien NOx * ((0.5)^Waktu Paruh) Units: Dmnl
(36)	Konst awal NOx = 0.007 Units: Dmnl
(37)	laju kendaraan = 0.134 Units: Dmnl/Year
(38)	laju listrik = 0.081 Units: Dmnl/Year
(39)	laju pdrb = 0.036 Units: Dmnl/Year
(40)	Listrik = INTEG (growth listrik, listrik awal) Units: Dmnl
(41)	listrik awal = 12.1166 Units: Dmnl
(42)	"Listrik-n" = "B0-listrik"+"B1-listrik"*Listrik)+"B2-listrik"*Listrik*Listrik) Units: Dmnl
(43)	Mobil = INTEG (growth kendaraan, kendaraan awal) Units: Dmnl
(44)	"Mobil-n" = "B0-mobil" + ("B1-mobil" * Mobil) + ("B2-mobil" * Mobil * Mobil) + ("B3-mobil" * Mobil * Mobil * Mobil) Units: Dmnl
(45)	PDRB = INTEG (growth PDRB, pdrb awal) Units: Dmnl
(46)	pdrb awal = 51.106 Units: Dmnl
(47)	"PDRB-n" = "B0-pdrb"+"B1-pdrb"*PDRB)+"B2-pdrb"*PDRB*PDRB) Units: Dmnl
(48)	Penduduk = INTEG (growth penduduk, penduduk awal) Units: Dmnl
(49)	penduduk awal = 8.378 Units: Dmnl
(50)	Penduduk Terpapar = Penduduk*proporsi penduduk terpapar * 10^6 Units: orang
(51)	Pertumb pendkk = 0.004 Units: Dmnl/Year
(52)	proporsi dewasa = 0.731 Units: Dmnl
(53)	proporsi penduduk terpapar = 0.126 Units: orang
(54)	sakit = IF THEN ELSE(Konsentrasi Ambien NOx Kedua < BMA NO2, 0, 6.02 * ((Konsentrasi Ambien NOx Kedua - BMA NO2) / BMA NO2) * proporsi dewasa * Penduduk Terpapar / 1877.55) Units: orang
(55)	satuan biaya berobat = 620000 Units: Rupiah/orang/Year
(56)	SAVEPER = TIME STEP Units: Year [0,?] The frequency with which output is stored.

(57)	secondary nitrat = 0.377/1877.55 Units: Dmnl
(58)	TIME STEP = 1 Units: Year [0,?] The time step for the simulation.
(59)	Waktu Paruh = 365/50 Units: Dmnl

Lampiran 3. Data Hasil Simulasi Sistem Dinamik

Tahun	Penduduk	PDRB	Mobil	Listrik	Konsentrasi Ambien NOx Kedua	Sakit	Biaya kesehatan
1993	8.378000	51.105999	2.063490	12.116600	0.000044	0	0
1994	8.411512	52.945816	2.339998	13.098044	0.000075	0	0
1995	8.445158	54.851864	2.653557	14.158986	0.000142	0	0
1996	8.478939	56.826530	3.009134	15.305864	0.000237	0	0
1997	8.512855	58.872284	3.412358	16.545639	0.000346	0	0
1998	8.546906	60.991688	3.869614	17.885836	0.000459	0	0
1999	8.581093	63.187389	4.388143	19.334589	0.000561	0	0
2000	8.615417	65.462135	4.976154	20.900690	0.000643	0	0
2001	8.649879	67.818771	5.642959	22.593645	0.000696	0	0
2002	8.684479	70.260246	6.399115	24.423731	0.000723	0	0
2003	8.719216	72.789612	7.256597	26.402054	0.000740	0	0
2004	8.754093	75.410034	8.228981	28.540621	0.000797	0	0
2005	8.789109	78.124794	9.331664	30.852411	0.000992	0	0
2006	8.824265	80.937286	10.582108	33.351456	0.001505	0	0
2007	8.859563	83.851028	12.000110	36.052925	0.002648	0	0
2008	8.895001	86.869667	13.608125	38.973213	0.004943	0	0
2009	8.930581	89.996979	15.431614	42.130043	0.009235	0	0
2010	8.966304	93.236870	17.499451	45.542576	0.016867	0	0
2011	9.002169	96.593399	19.844378	49.231525	0.029945	0	0
2012	9.038177	100.070763	22.503525	53.219280	0.051729	1933	1198627456
2013	9.074330	103.673309	25.518997	57.530041	0.087224	5112	3169243904
2014	9.110628	107.405548	28.938543	62.189972	0.144048	10228	6341635584
2015	9.147071	111.272148	32.816307	67.227356	0.233733	18345	11373806592
2016	9.183660	115.277946	37.213692	72.672775	0.373633	31066	19260798976
2017	9.220394	119.427956	42.200325	78.559273	0.589766	50808	31500656640
2018	9.257276	123.727364	47.855167	84.922577	0.920981	81194	50340233216
2019	9.294305	128.181549	54.267761	91.801308	1.425110	127643	79138676736
2020	9.331482	132.796082	61.539642	99.237213	2.188012	198233	122904518656
2021	9.368808	137.576736	69.785957	107.275429	3.336862	304980	189087858688
2022	9.406283	142.529495	79.137276	115.964737	5.059656	465723	288748437504
2023	9.443909	147.660553	89.741669	125.357880	7.633826	706896	438275571712
2024	9.481685	152.976334	101.767052	135.511871	11.468170	1067613	661919891456
2025	9.519611	158.483475	115.403839	146.488327	17.164284	1605672	995516481536