

PROYEKSI SO₂ DI INDONESIA SEBAGAI IMPLIKASI PERUBAHAN IKLIM GLOBAL: DAMPAK DAN BIAYA KESEHATAN

PROJECTION OF SO₂ IN INDONESIA AS IMPLICATION OF GLOBAL CLIMATE CHANGE: IMPACT AND HEALTH COST

Ayu Shita Dewi S.Si dan Dr. Armi Susandi, MT.

Program Studi Meteorologi
Departemen Geofisika dan Meteorologi
Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesa no 10 Bandung 40132
Telp: +62-22-2500494
Email: shita_dewi108@yahoo.com

***Abstrak** : Pembakaran bahan bakar fosil, sebagai sumber energi merupakan sumber utama dari emisi sulfur dioksida, polutan terbesar di atmosfer. Hal ini menyebabkan meningkatnya berbagai penyakit terutama yang berkaitan dengan pernapasan. Penelitian ini difokuskan untuk mengkaji proyeksi SO₂ dari hasil pembakaran bahan bakar fosil dan dampaknya terhadap kesehatan manusia.*

Estimasi dilakukan dengan menggunakan model simulasi MERGE (Model for Evaluating The Regional and Global Effect of Green House Gas Reduction Policies) untuk memprediksi konsentrasi SO₂ pada tahun 2000 sampai tahun 2100 berdasarkan proyeksi pemakaian konsumsi energi di Indonesia.

Jika negara-negara OECD melakukan pengurangan emisi, konsumsi batubara dan minyak di Indonesia akan meningkat dan konsentrasi SO₂ melebihi skenario dasar. Biaya kesehatan untuk penyakit yang berkaitan dengan SO₂ menjadi lebih tinggi dan akan berpengaruh terhadap pengurangan Pendapatan Nasional Indonesia.

***Kata kunci** : Perubahan iklim global, Konsumsi energi, Kesehatan manusia*

***Abstract** : Fossil fuel combustion as energy source is the main source of sulphur dioxide emission, the biggest pollutant in the atmosphere. It will be causing the increment of health problems especially respiratory. This research is intended to study sulfur dioxide produced from combustion of fuel fossil and the impact to human health.*

In this research, the estimation use MERGE models (Model for Evaluating The Regional and Effects of Global of Green House Gas Reduction Policies) to predict the concentration of SO₂ for the year 2000 to year 2100, based on projection of energy consumptions in Indonesia.

If the OECD countries reduce their emissions, the consumptions of oil and coal in Indonesia will be increasing and concentration of SO₂ is higher than the reference scenario. The estimated economic cost of the health problems associated with SO₂ is higher and would be influencing the decrease of Indonesian Gross Domestic Product.

***Key words** : Global climate change, Energy Consumption, Human Health.*

1. PENDAHULUAN

Modernisasi dan kemajuan teknologi telah mengakibatkan jumlah polusi udara terus meningkat yang disebabkan oleh meningkatnya penggunaan energi bahan bakar

fosil (minyak, gas dan batubara). Salah satu polutan yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil adalah sulfur dioksida (SO_2). Seiring dengan meningkatnya pemakaian bahan bakar fosil, konsentrasi sulfur dioksida juga terus meningkat.

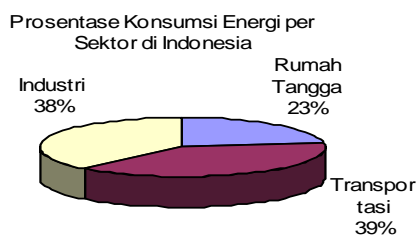
Di Asia, jumlah emisi SO_2 terus mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Pada tahun 1970, emisi SO_2 sekitar 11,25 juta ton dan meningkat menjadi 20 juta ton SO_2 pada tahun 1986 (Hameed and Dignon, 1992). Sedangkan di Indonesia, jumlah emisi SO_2 terus mengalami peningkatan mencapai 797 ribu metrik ton pada tahun 1995 (Earth Trends Country Profiles, 2003).

Peningkatan konsentrasi SO_2 di atmosfer akan berpengaruh terhadap kesehatan manusia seperti gangguan fungsi paru-paru, sistem pernapasan, bahkan dapat menyebabkan kematian. Untuk mengkaji dampak negatif akibat SO_2 tersebut, diperlukan pengkajian lebih lanjut tentang proyeksi SO_2 dari pembakaran bahan bakar fosil.

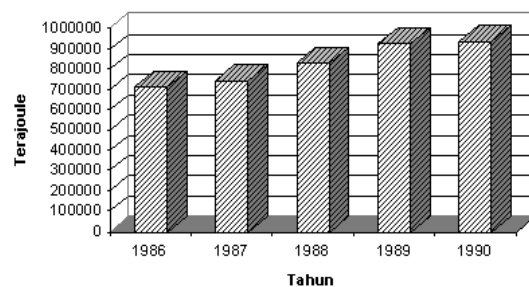
2. ENERGI DAN PERUBAHAN IKLIM GLOBAL

Semua makhluk hidup memerlukan energi panas dari matahari untuk membuat suhu permukaan bumi sesuai untuk kehidupan (pemanasan global) dan untuk membantu fungsi tubuh manusia. Selain energi panas dari matahari, manusia juga memerlukan bentuk energi lain untuk melakukan aktifitas sehari-hari seperti energi listrik dan energi gerak yang diperlukan dalam menunjang kegiatan industri, transportasi dan rumah tangga. Kebutuhan energi tersebut diperoleh dengan memanfaatkan sumber energi yang terdapat di alam, terutama dari bahan bakar fosil seperti batubara, minyak bumi, dan gas.

Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki sumber energi yang melimpah dan bermacam-macam termasuk minyak bumi, gas bumi, batubara, tenaga air dan panas bumi. Sumber energi tersebut tidak hanya cukup untuk memenuhi kebutuhan domestik namun juga cukup untuk kebutuhan ekspor (Biro Pusat statistik, 1992). Diperkirakan, Indonesia memiliki cadangan energi fosil yang dapat digunakan hingga 5000 tahun ke depan untuk batubara yang banyak ditemukan di Kalimantan dan Sumatra, 40 tahun ke depan untuk gas alam, dan 20 tahun ke depan untuk energi minyak bumi (World Bank, 1994). Peningkatan pertumbuhan penduduk yang pesat, industrialisasi, perubahan struktur produksi dan laju pertumbuhan ekonomi serta jumlah kendaraan bermotor yang terus bertambah membawa Indonesia pada pertumbuhan pemakaian energi yang tinggi (Gambar 2.1). Sejak tahun 1986, energi minyak bumi telah mendominasi kebutuhan energi Indonesia dimana kebutuhan energi minyak bumi Indonesia mencapai 900.000 terajoule pada tahun 1990 yang ditunjukkan dalam gambar 2.2 (World Bank, 1994).



Gambar 2.1 Prosentase Konsumsi Energi per Sektor di Indonesia.
(Sumber : Mining and Energy, 1996)



Gambar 2.2 Konsumsi Energi Minyak Indonesia
(Sumber : BPS, 1992)

Peningkatan jumlah pemakaian energi fosil terutama untuk sektor transportasi, industri dan rumah tangga, menjadikan energi sebagai kontributor utama dalam perubahan iklim yang diakibatkan oleh manusia. Selain menghasilkan energi, pembakaran bahan bakar fosil juga melepaskan gas-gas polutan seperti karbon dioksida (CO₂), nitrogen oksida (NO_x) dan sulfur dioksida (SO₂) serta partikel-partikel yang mempengaruhi komposisi atmosfer.

Emisi gas buang yang berasal dari kendaraan bermotor, industri maupun rumah tangga mengandung gas karbon dioksida, metan dan nitro oksida yang menyebabkan meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer. Peningkatan GRK tersebut akan mengakibatkan naiknya temperatur rata-rata permukaan bumi yang disebut dengan pemanasan global. Karena temperatur merupakan salah satu dari parameter iklim, maka peningkatan suhu rata-rata bumi tersebut berpengaruh terhadap perubahan iklim secara global.

3. SO₂ DAN PERUBAHAN IKLIM DI INDONESIA

Selain gas rumah kaca, pembakaran bahan bakar fosil juga menghasilkan gas SO₂ yang merupakan polutan terbesar di atmosfer. SO₂ paling banyak dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar fosil. Di atmosfer, SO₂ dapat membentuk partikel-partikel sulfat yang amat halus melalui proses konversi gas ke partikel. Partikel-partikel sulfat yang terbentuk dan mengapung di udara tersebut disebut dengan aerosol sulfat. Aerosol sulfat yang dilepas ke atmosfer diakibatkan oleh emisi alami dan antropogenik. Emisi alami berasal dari letusan gunung berapi disebut dengan emisi vulkanik. Letusan gunung Pinatubo di Philipina pada tahun 1991, melepaskan sekitar 14-26 juta ton SO₂ ke atmosfer (CSIRO, 2002). Emisi yang berasal dari aktivitas manusia, akibat penggunaan bahan bakar fosil pada sektor industri, kebakaran hutan disebut dengan emisi antropogenik. Di Indonesia, total emisi SO₂ pada tahun 1995 sebesar 797 ribu metrik ton (Earth Trends Country Profiles, 2003). Untuk wilayah Asia, total emisi SO₂ adalah sebesar 55.129 juta metrik ton. Total seluruh emisi SO₂ di dunia sebesar 141.875 juta metrik ton (Earth Trends Country Profiles, 2003).

Jumlah emisi SO₂ yang terus bertambah akan menyebabkan meningkatnya konsentrasi SO₂ di atmosfer. Pada konsentrasi tertentu, SO₂ dapat menyebabkan penurunan kualitas air hujan yang diindikasikan melalui pH air hujan. Disamping itu, peningkatan aerosol di atmosfer akan mengakibatkan peningkatan inti kondensasi yang terdapat di atmosfer sehingga proses kondensasi pada tetes air (droplet) di udara meningkat, dan awan yang terbentuk menjadi lebih tebal dan gelap. Akibatnya, radiasi matahari yang datang ke bumi akan tertahan oleh awan dan dipantulkan kembali ke angkasa, menyebabkan berkurangnya intensitas radiasi sinar matahari yang sampai ke permukaan bumi. Pengurangan radiasi sinar matahari yang terjadi tersebut disebut dengan *global dimming*, yang mengakibatkan penurunan temperatur global di permukaan bumi.

4. PROTOKOL KYOTO DAN KEBIJAKAN PENGURANGAN EMISI

Peningkatan temperatur permukaan bumi akibat peningkatan GRK yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil menimbulkan kekhawatiran negara-negara di dunia. Untuk mengantisipasi perubahan iklim global yang disebabkan oleh naiknya temperatur permukaan global, sejumlah negara di dunia telah meratifikasi Protokol Kyoto tentang perubahan iklim. Protokol Kyoto merupakan kesepakatan

Internasional tentang pengurangan emisi bagi negara-negara industri dan negara-negara dengan ekonomi transisi di dunia yang tergabung dalam kelompok negara OECD (*Organization for Economic Co-Operation Development*). Dalam komitmen pertama, disepakati bahwa negara OECD kecuali Amerika, harus mengurangi emisi GRK mereka sebesar 5,2% dari level emisi tahun 1990. Indonesia telah meratifikasi Protokol Kyoto sejak tahun 1994, namun belum memiliki kewajiban untuk mengurangi emisi GRK-nya.

5. MODEL MERGE

Model MERGE (*Model for Evaluating the Regional and Global Effects of Greenhouse Gas Reduction Policies*) merupakan model yang digunakan untuk mengestimasi pengurangan gas rumah kaca terhadap dampak di suatu daerah secara regional dan global. Model MERGE dikembangkan pertama kali pada tahun 1992 oleh Prof. Alan S Manne dari Universitas Stanford, Amerika Serikat dan Richard Richels dari EPRI, Amerika Serikat (1992; 1995; 1996; 1998; 1999; 2001) dan Manne, Mendelsohn, dan Richels (1995).

Dalam model MERGE, digunakan metode CGE (*Computer General Equilibrium*) atau metode Komputasi Kesenjangan Umum yang terdiri dari beberapa sub model yang saling berhubungan dan mampu memecahkan suatu persoalan secara menyeluruh dan detail. Model MERGE terdiri dari 4 model utama yaitu model ekonomi, model energi, model iklim dan model dampak perubahan iklim. Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah model yang telah dimodifikasi dan dikembangkan oleh Susandi (2004) untuk kajian di wilayah Indonesia. Model divalidasi dengan data energi dan ekonomi pada tahun 2000.

6. DAMPAK SO₂ TERHADAP IKLIM

Seiring dengan industrialisasi yang semakin maju, penambahan jumlah penduduk dan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia yang terus meningkat, membawa Indonesia pada peningkatan jumlah pemakaian energi di Indonesia. Dalam Energy Information Administration (2004), populasi Indonesia bertambah 46% antara tahun 1980-2001 yaitu dari 147 juta jiwa pada tahun 1980 menjadi 215 juta jiwa di tahun 2001. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai negara ke empat dengan populasi terbesar di dunia setelah China, India dan Amerika Serikat pada tahun 2001. Dalam MERGE, populasi Indonesia diproyeksikan bertambah dari 212 juta pada tahun 2000 menjadi 389 juta pada tahun 2100, dengan pertumbuhan rata-rata sekitar 9,1% selama 100 tahun (Gambar 6.1).

Kecepatan laju industrialisasi di Indonesia menyebabkan Produk Nasional Bruto (PNB) Indonesia mengalami pertumbuhan dengan cepat. Pada periode 1980-2001, Produk Nasional Bruto Indonesia bertambah rata-rata 3,3% per tahun dimana pada tahun 1980, PNB Indonesia sebesar US\$ 194 milyar dan meningkat menjadi US\$ 561 milyar (Energy Information Administration, 2004). Dalam model MERGE, Produk Nasional Bruto (PNB) Indonesia pada tahun 2000 sekitar US\$ 153 juta yang kemudian meningkat secara ekponensial menjadi US\$ 7.721 juta pada tahun 2100 (Gambar 6.2).

Dalam MERGE, total konsumsi energi di Indonesia pada tahun 2000 sekitar 6,7 exajoule dan terus meningkat hingga 7,3 exajoule pada tahun 2060-2070 untuk skenario dasar dan 10 exajoule pada tahun 2040 untuk skenario PK. Jika negara-negara OECD melakukan pengurangan emisi, maka mereka akan beralih menggunakan bahan bakar rendah emisi sebagai sumber energi. Sebagai bahan bakar penghasil emisi paling besar,

membuat harga batubara menjadi jatuh, sedangkan harga gas akan melambung tinggi karena banyaknya permintaan oleh negara-negara OECD akan gas yang rendah emisi. Indonesia memiliki kandungan batubara yang melimpah dengan nilai ekonomis batubara yang rendah, membuat Indonesia beralih menggunakan batubara sebagai sumber energi karena cadangan minyak dan gas yang semakin sedikit lebih digunakan untuk ekspor untuk meningkatkan pendapatan nasional. Akibatnya, konsumsi batubara di Indonesia terus bertambah hingga tahun 2100 dan mencapai puncaknya pada tahun 2060 sebesar 3,4 exajoule (Gambar 6.3 dan 6.4).

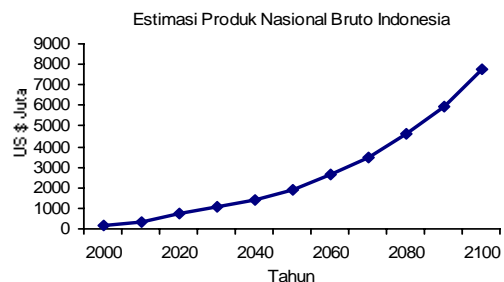
Peningkatan konsumsi energi di Indonesia membawa pada peningkatan jumlah emisi SO₂ yang dilepaskan dari hasil pembakaran bahan bakar fosil ke atmosfer. Dalam model MERGE, pada tahun 2000, jumlah emisi SO₂ di Indonesia berkisar 4,3 juta metrik ton untuk skenario dasar (Gambar 6.5), berarti meningkat enam kali lipat dari jumlah SO₂ tahun 1995. Emisi SO₂ paling tinggi untuk skenario dasar adalah 5,09 juta metrik ton yang terjadi seiring dengan peningkatan konsumsi energi di Indonesia dimana pada tahun 2070, jumlah konsumsi energi di Indonesia mencapai 8 exajoule dengan konsumsi energi terbesar pada konsumsi batubara yaitu sebesar 3,3 exajoule.

Jika negara-negara OECD mengurangi emisi mereka, maka harga gas akan meningkat dan harga batubara akan jatuh. Dengan naiknya harga gas, Indonesia akan mengekspor gas lebih banyak dan menggunakan batubara yang nilai ekonomisnya rendah untuk kebutuhan domestiknya. Akibatnya, konsumsi batubara Indonesia menjadi lebih tinggi dibanding dengan konsumsi minyak dan gas. Peningkatan konsumsi energi tersebut membawa Indonesia pada peningkatan emisi SO₂ hingga 5,35 juta metrik ton pada tahun 2100. Puncak emisi SO₂ terjadi pada tahun 2060 yaitu sebesar 6,69 juta metrik ton SO₂ yang kemudian menurun akhir abad (Gambar 6.5).

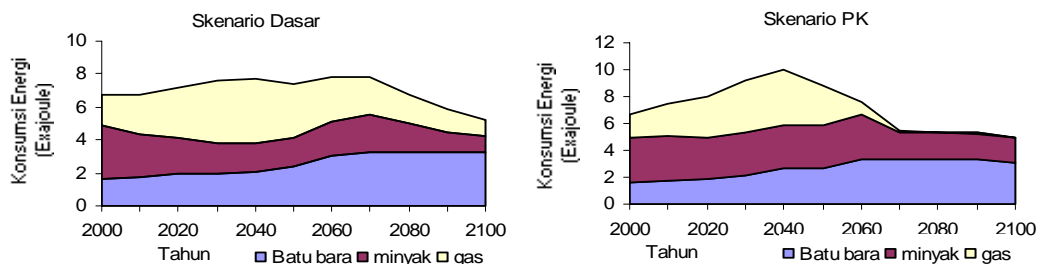
Meningkatnya emisi SO₂ yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil akan mengakibatkan meningkatnya hujan asam di Indonesia. Pada tahun 1997, kebakaran hutan di sebagian besar wilayah Indonesia menyebabkan turunnya kualitas air hujan yang tercermin dari menurunnya nilai rata-rata pH air hujan 5,46 pada tahun 1996 menjadi 4,97 pada tahun 1997 (BMG, 2005).



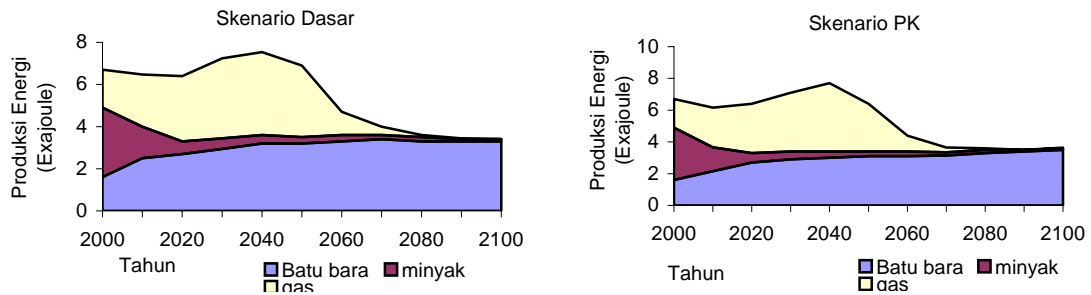
Gambar 6.1 Populasi Penduduk di Indonesia



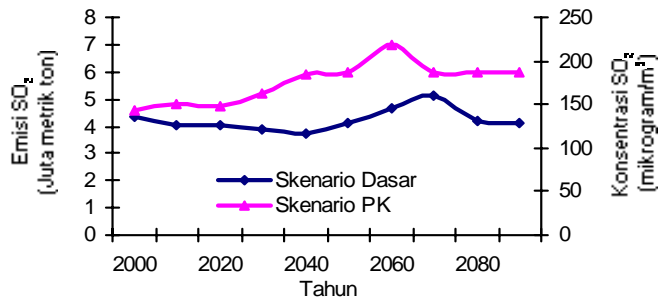
Gambar 6.2 Estimasi Pendapatan Nasional Indonesia



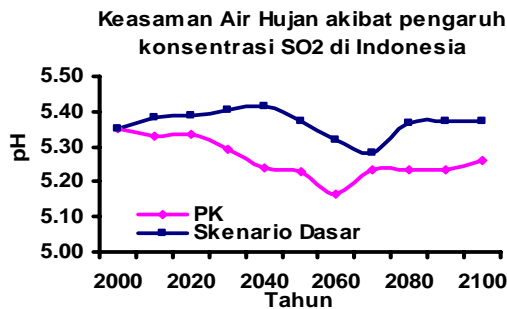
Gambar 6.3 Konsumsi Energi di Indonesia Berdasar Skenario Dasar dan Skenario PK



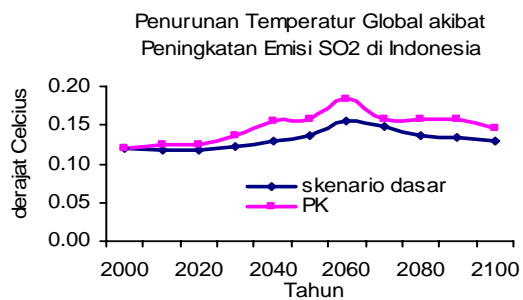
Gambar 6.4 Konsumsi Energi di Indonesia Berdasar Skenario Dasar dan Skenario PK



Gambar 6.5 Emisi dan Konsentrasi SO₂ di Indonesia



Gambar 6.6 Estimasi pH Air Hujan Akibat Peningkatan SO₂ di Indonesia.



Gambar 6.7 Estimasi Penurunan Temperatur Global akibat Peningkatan SO₂ di Indonesia.

Dalam model MERGE, nilai rata-rata pH air hujan di Indonesia sekitar 5,35 pada tahun 2000 (Gambar 6.6). Jika tidak ada pengurangan emisi oleh negara-negara OECD, maka pH air hujan paling rendah mencapai 5,28 (tahun 2070), saat konsentrasi SO₂ di Indonesia paling tinggi. Jika negara-negara OECD melakukan pengurangan emisi, maka besarnya konsumsi energi membawa Indonesia pada peningkatan konsentrasi SO₂ sehingga menyebabkan pH air hujan menjadi lebih rendah dari skenario dasar, mencapai 5,12 tahun 2060, saat konsentrasi SO₂ di Indonesia mencapai nilai paling tinggi.

Selain berdampak pada penurunan pH air hujan, peningkatan emisi SO₂ juga berdampak pada penurunan temperatur global (*global dimming*). Pada tahun 1991, letusan gunung Pinatubo di Philipina melepaskan sekitar 14-26 juta ton SO₂ ke atmosfer dan menyebabkan pendinginan temperatur global sebesar 0,5 derajat Celsius setahun setelah terjadinya letusan (CSIRO, 2002). Dalam model MERGE, penurunan temperatur global yang disebabkan oleh meningkatnya jumlah emisi SO₂ sebagai akibat dari peningkatan konsumsi energi Indonesia, mencapai 2°C untuk skenario PK (Gambar 6.7).

7. DAMPAK SO₂ TERHADAP KESEHATAN DAN BIAYA KESEHATAN

Peningkatan emisi SO₂ di atmosfer dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil menyebabkan konsentrasi SO₂ di atmosfer mengalami kenaikan yang cukup signifikan sehingga polusi udara di Indonesia menjadi semakin buruk. Buruknya kondisi udara di Indonesia akan membawa dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat Indonesia yang selanjutnya akan menyebabkan kerugian secara finansial baik karena tingginya biaya perawatan untuk kasus kesehatan yang berkaitan dengan polusi udara maupun karena menurunnya produktivitas masyarakat Indonesia yang berarti polusi udara akan membawa dampak negatif terhadap perekonomian di Indonesia.

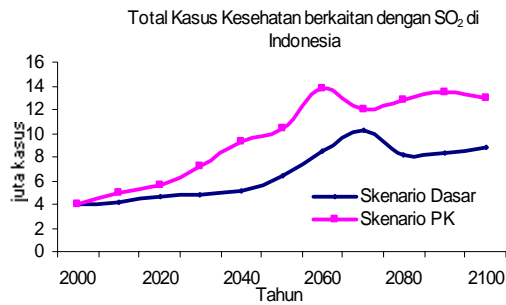
Dalam model MERGE, polusi udara di Indonesia yang diakibatkan oleh SO₂ menyebabkan kasus kematian prematur, gangguan pernapasan anak dan gangguan asma sebanyak 4,1 juta kasus pada tahun 2000 (Gambar 7.1). Jumlah ini terus bertambah hingga 2,5 kali lipat (tahun 2070) dari total kasus kesehatan pada tahun 2000. Jika negara-negara OECD melakukan pengurangan emisi, maka konsumsi batubara dan minyak di Indonesia menjadi lebih besar karena Indonesia akan mengekspor gas lebih banyak. Akibatnya, konsentrasi SO₂ di atmosfer Indonesia meningkat dan total kasus kesehatan yang berkaitan dengan SO₂ juga meningkat dan mencapai puncak pada tahun 2060 sebesar 3,4 kali lipat dari jumlah total kasus yang sama pada tahun 2000.

Dampak ekonomi dari polusi udara yang diakibatkan oleh emisi SO₂ dapat ditentukan dari nilai ekonomi dari kasus kesehatan yang berkaitan dengan polusi udara. Dalam penelitian ini, diasumsikan bahwa rata-rata biaya perawatan medis untuk kasus gangguan pernapasan anak-anak dan gangguan asma orang dewasa adalah sebesar US\$ 1,35.

Secara ekonomis, pada tahun 1999, Jakarta merugi Rp 2,4 trilliun untuk perawatan kesehatan dan menurunnya produktivitas. Jika tidak ada penuntasan polusi, diprediksikan masyarakat Jakarta harus menyediakan anggaran Rp 7 trilliun hanya untuk perawatan kesehatan (Suyono, 2001).

Dalam model MERGE, tanpa adanya pengurangan emisi, secara ekonomis, masyarakat Indonesia harus menanggung biaya medis sebesar US\$ 25,6 juta untuk total kasus kematian prematur, gangguan pernapasan anak, dan gangguan asma orang dewasa yang diakibatkan oleh pencemaran SO₂ di atmosfer Indonesia pada tahun 2000. Jika tidak ada penurunan polusi yang diakibatkan oleh SO₂, maka diestimasikan, biaya medis yang harus ditanggung masyarakat Indonesia pada tahun 2100 mencapai US\$ 676 juta (8,8% dari PNB Indonesia tahun 2100).

Jika ada pengurangan emisi yang dilakukan oleh negara-negara OECD, maka total biaya medis yang diperlukan untuk kasus kematian prematur, gangguan pernapasan anak dan gangguan asma orang dewasa akan mengalami peningkatan mencapai US\$ 995 juta pada tahun 2100 atau sekitar 13% dari PNB Indonesia pada tahun 2100. Peningkatan biaya kesehatan tersebut disebabkan oleh bertambahnya jumlah kasus kesehatan di Indonesia terutama kematian prematur, gangguan pernapasan anak dan gangguan asma orang dewasa yang disebabkan oleh peningkatan konsentrasi SO₂ di atmosfer sebagai dampak dari peningkatan konsumsi energi bahan bakar fosil di Indonesia sebagai dampak dari penerapan Protokol Kyoto oleh negara-negara OECD. Hal ini akan berpengaruh terhadap perekonomian Indonesia karena selain kerugian secara finansial, Indonesia juga akan menanggung kerugian akibat menurunnya produktivitas.



Gambar 7.1 Estimasi Total Kasus Kesehatan yang berkaitan dengan SO₂ di Indonesia



Gambar 7.2 Estimasi Total Biaya Kesehatan untuk Kasus Kesehatan yang berkaitan dengan SO₂ di Indonesia

8. KESIMPULAN

Trend produksi dan konsumsi energi Indonesia menggambarkan kondisi polusi udara di Indonesia. Peningkatan konsumsi energi akan bahan bakar fosil akan menyebabkan peningkatan emisi dan konsentrasi SO₂ yang berakibat pada peningkatan jumlah kasus kesehatan yang berhubungan dengan polusi udara, dan berpengaruh terhadap biaya kesehatan yang harus ditanggung oleh pemerintah Indonesia. Selain itu, peningkatan polusi udara oleh SO₂ juga mengakibatkan penurunan kualitas air hujan yang tercermin melalui pH air hujan yang semakin asam, selanjutnya pendinginan global juga terjadi.

9. DAFTAR PUSTAKA

- Biro Pusat Statistik, Statistik Lingkungan Hidup Indonesia, 127-132, 1992.
- BMG (Badan Meteorologi dan Geofisika), Kualitas Air Hujan di Indonesia, Jakarta, Indonesia, 2005.
- CSIRO, Volcanic Eruption and Climate Change, CSIRO Atmospheric Research Greenhouse Information Paper, 2002.
- Earth Trends Country Profiles, Climate and Atmosphere- Indonesia, 2003.
- Energy Information Administration, Indonesia : Environmental Issues, 2004.
- Hameed s. and j. Dignon, Global emission of nitrogen and sulphur oxides in fossil fuel combustion 1970-1986, Journal of the Air and Waste Management Association 42, 159-163, 1992.
- Manne, A. S. and R. G. Richels, Buying greenhouse insurance – The Economic cost of CO2 Emission Limits, Cambridge: The MIT Press, 1992.
- Manne, A. S. , R. O. Mendelsohn, and R. G. Richels, MERGE – A model for Evaluating Regional dan Global Effect of GHG Reduction Policies, *Energy Policy* 23(1):17-34, 1995.
- Manne, A. S. and R. G. Richels, The greenhouse gas debate: economic efficiency, burden sharing and hedging strategies, *Energy Journal* 16(4): 1-37, 1996.
- Manne, A. S. and R. G. Richels, On stabilizing CO2 concentrations: cost-effective emission reduction strategies, *Environmental Modelling and Assessment* 2: 251-65, 1998.
- Manne, A. S. and R. G. Richels, The Kyoto Protocol: a cost-effective strategy for meeting environmental objectives, *Energy Journal* [Special Issue on the Costs of the Kyoto Protocol: A Multi-model Evaluation]: 1-24, 1999.
- Manne, A. S. and R. G. Richels, An alternative approach to establishing trade-offs among greenhouse gases, *Nature* 410: 675-77, 2001.
- Mining and Energy, Ministry of Mines and Energy, 1996.
- Susandi, A, The impact of international greenhouse gas emissions reduction on Indonesia, Report on Earth System Science, Max Planck Institute for Meteorology, Jerman, 2004.
- Suyono, H, Awas! Setan Gentayangan di Udara, Inti Sari, 2001.
- World Bank, Indonesia Environment and Development, a World Bank Country Study, Washington D.C. : 63, 1994.