

ANALISIS PENYEBARAN KARBON MONOKSIDA DI KOTA BANDUNG

W. Eko Cahyono¹⁾, IDGA. Junnaedhi²⁾ dan Dessy Gusnita³⁾

^{1 & 3)} Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, LAPAN

Jl. Dr. Junjuran 133 Bandung 40173

²⁾ Program Studi Meteorologi

Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral, ITB

Jl. Ganesa 10 Bandung 40132

wecahyono@bdg.lapan.go.id

Abstract

In cities, as much as 95% of all CO emissions come from automobile exhaust. We have used data from motor vehicle emission from main road in Bandung to study dispersion pattern of air pollution especially CO in Bandung city. The study has been done by simulation to apply Taiwan Air Quality Model (TAQM) and The Air Pollution Model (TAPM). This research is mainly concerned with the characteristics of pollutant dispersion over Bandung basin. In this experiment, a numerical air quality model which is developed by National Central University Taiwan was used. Meteorological data was generated by MM5 model and emission rate data was calculated from transportation vehicles in Bandung city main road. The TAQM simulation result showed higher concentration of CO in day time than night time, however the dispersion pattern is also influenced by local diurnal circulation effect such as speed and wind direction. The TAQM and TAPM simulation result showed higher dispersion of CO in westside area than eastside area of Bandung city during dry season, because during dry season in 2006 wind blows from southeast to southwest, while during wet season wind blows from southwest

Keywords: carbon monoxide (CO), dispersion, simulation, TAQM and TAPM

Abstrak

Di kota-kota, sebanyak 95% dari seluruh emisi CO berasal dari knalpot mobil. Kami telah menggunakan data dari emisi kendaraan bermotor dari jalan utama di Bandung untuk mempelajari pola penyebaran pencemaran udara khususnya CO di kota Bandung. Pada penelitian ini telah dilakukan simulasi menggunakan *Taiwan Air Quality Model (TAQM)* dan *The Polusi Udara Model (TAPM)*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola penyebaran polutan di atas cekungan Bandung. Model yang digunakan model kualitas udara yang dikembangkan National Central University, Taiwan. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data meteorologi yang dihasilkan dari model MM5 dan data laju emisi yang dihitung berdasarkan jumlah kendaraan pada jalan utama di kota Bandung. Dari hasil simulasi TAQM tampak pada siang hari konsentrasi CO lebih tinggi dibandingkan malam hari, akan tetapi pola penyebaran ini juga dipengaruhi oleh efek sirkulasi diurnal di daerah tersebut seperti kecepatan angin dan arah angin. Hasil simulasi TAQM dan TAPM menunjukkan penyebaran CO lebih tinggi di daerah barat daripada daerah timur kota Bandung selama musim kemarau, karena pada musim kemarau tahun 2006 angin bertiup dari tenggara ke barat daya, sedangkan pada musim basah angin bertiup dari barat daya.

Kata kunci : karbon monoksida (CO), dispersi, simulasi, TAQM dan TAPM

1. PENDAHULUAN

Tingkat pencemaran udara di kota-kota besar, khususnya Bandung, saat ini cukup memprihatinkan. Meskipun penggunaan bensin berkadar timbal kini sudah dilarang, kini masih banyak ditemukan kasus kadar timbal di ambang batas pada sebagian anak-anak sekolah dasar di Bandung dan pencemaran lainnya seperti karbon monoksida (CO). Karbon monoksida adalah gas yang tidak berbau, tidak berasa dan juga tidak berwarna. Oleh karena itu lingkungan yang telah tercemar oleh gas CO tidak dapat dilihat oleh mata. Gas CO dapat berbentuk cairan pada suhu -192°C . Di udara gas CO terdapat dalam jumlah yang sangat sedikit, hanya sekitar 0,1 ppm. Di daerah perkotaan dengan lalu lintas yang padat konsentrasi gas CO berkisar antara 10 - 15 ppm. Sudah sejak lama diketahui bahwa gas CO dalam jumlah banyak (konsentrasi tinggi) dapat menyebabkan gangguan kesehatan, bahkan juga dapat menimbulkan kematian. Keracunan gas karbon monoksida dapat ditandai dari keadaan yang ringan, berupa pusing, sakit kepala dan mual. Keadaan yang lebih berat dapat berupa menurunnya kemampuan gerak tubuh. (Wardhana, 2004)

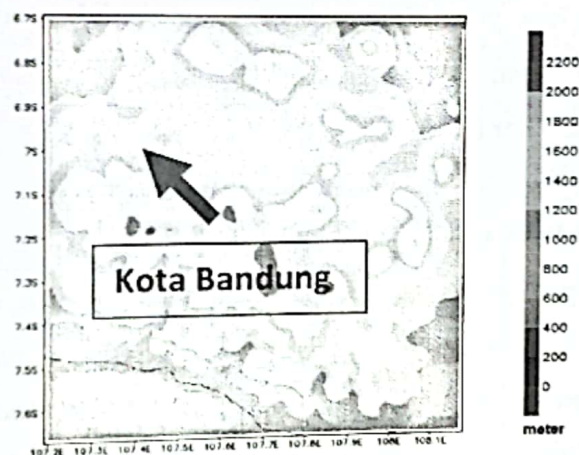
Untuk mengetahui seberapa jauh tingkat penyebaran polusi CO di daerah Bandung, akan dibahas dengan mengaitkan pengaruh stabilitas atmosfer yang memakai model kualitas udara *TAQM (Taiwan Air Quality Modelling)*. *TAQM* adalah model hasil pengembangan dari *SARMAP Air Quality Model (SAQM)* yang telah disempurnakan. *TAQM* membutuhkan masukan berupa data meteorologi dan data emisi. Secara sederhana, *TAQM* mengolah data emisi dalam model dispersinya termasuk proses-proses kimia yang terjadi, seperti fotolisis dan sebagainya, sehingga keluaran yang diperoleh merupakan nilai konsentrasi pada daerah domain yang telah ditentukan sebelumnya. *TAQM* merupakan model kualitas udara untuk wilayah tiga dimensi dengan skala yang luas. Ini didasarkan pada kerangka model *RADM* dengan merubah dasarnya untuk memperhitungkan penggunaan data meteorologi non-hidrostatik. Hal ini menjadikan model dapat dipakai secara luas (misalnya: resolusi grid horisontal yang lebih rapat), daripada dibatasinya kondisi keseimbangan hidrostatik pada data meteorologi. Konsentrasi udara pada tiap lapisan atmosfer didasarkan pada model yang berdasar pada transportasi atmosfer, sumber emisi, perpindahan deposisi, dan perubahan kimia. (Chang, 1997).

Model kedua yang digunakan pada penelitian ini adalah *The Air Pollution Model (TAPM)* versi 3 dari CSIRO Australia. Model ini untuk menentukan konsentrasi polutan dekat dengan sumber digunakan metode Lagrangian, sedangkan untuk transportasi digunakan metode Euler. Model *TAPM* membagi daerah yang akan dimodelkan atas beberapa grid, untuk 1 grid lebarnya dari 100 meter hingga 50 km, sedangkan jumlah grid bervariasi dari 1 hingga 200 buah.

Berhubung model ini diperuntukkan untuk komputer yang berkemampuan terbatas, maka model ini menggunakan time-step 5 menit [Hurley, 2005].

2. METODOLOGI PENELITIAN

- a. Melakukan pengolahan data emisi CO dari kendaraan bermotor di kota Bandung untuk *input* ke dalam TAQM System.
- b. Menjalankan TAQM System untuk kasus sumber bergerak :
Data emisi kendaraan berupa sumber area (Bandung)
 - Domain model adalah daerah Bandung dan sekitarnya, dengan ukuran 109 x 109 grid dan resolusi 1 km.



Gambar 1. Domain model Kota Bandung

- Sumber emisi berasal dari buangan kendaraan di kota Bandung.
- Data meteorologi menggunakan output MM5 untuk tanggal 22 Juli 2005 00 UTC – 23 Juli 2005 00 UTC yang diperoleh dari *MM5 Community Model Homepage* (MM5, 2005)
- Output MM5 yang digunakan adalah output Domain ke 4 dengan konfigurasi sbb (Comet Program, 1999) :
 - ✓ tidak menggunakan skema parameterisasi cumulus
 - ✓ menggunakan skema mikrofisik Reissner2
 - ✓ menggunakan skema radiasi *cloud*
 - ✓ menggunakan skema *shallow convection*

- c. Menampilkan visualisasi dengan mengubah keluaran TAQM dan MetPP menjadi format yang dapat dibaca oleh GrADS. Hal ini dilakukan dengan TAQM2GRADS. Untuk visualisasi keluaran model MM5 dilakukan dengan menggunakan MM5toGRADS. Kedua *software* ini menghasilkan GrADS *descriptor file* sehingga hasilnya bisa langsung dibaca dengan GrADS. (COLA, 2005). Disini GrADS berfungsi agar hasil model dapat langsung di-plot dan langsung disimpan ke dalam *file* gambar (.gif) sehingga memudahkan untuk dianalisis selanjutnya.

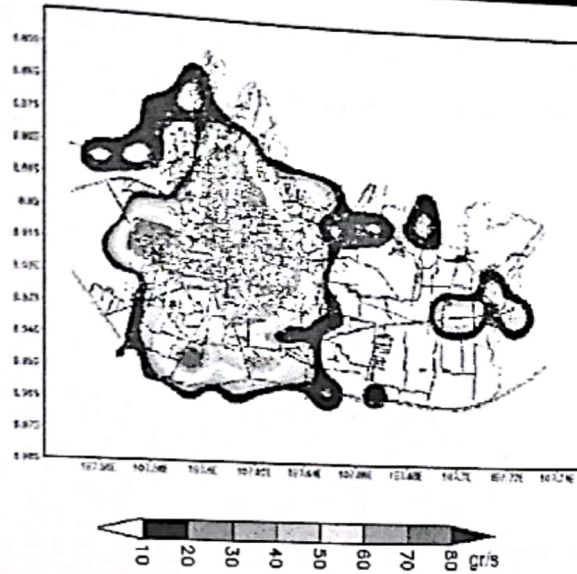
Dalam visualisasi keluaran model, dilakukan *plotting* secara horizontal dan vertikal yang berderet waktu (*time series*) untuk berbagai macam variabel. Hal ini dilakukan karena hasil keluaran model MM5 dan TAQM merupakan matriks 3 dimensi untuk tiap-tiap variabelnya. Untuk memperkuat analisis, penyebaran pencemaran CO pada musim kering pada tahun 2006 dan basah juga dilakukan simulasi dengan dengan model yang lain yaitu Model yang digunakan adalah TAPM versi 3 dari Csiro Australia. Model ini menggunakan metode beda hingga untuk menyelesaikan sederet persamaan diferensial baik yang biasa maupun yang parsial. Model ini untuk menentukan konsentrasi polutan dekat dengan sumber digunakan metode Lagrangian sedangkan untuk transportasi digunakan metode Euler (Hurley, 2005)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data arus kendaraan perjam yang diperoleh dari DLLAJ dapat diolah menjadi data laju emisi pada tiap jalan utama di kota Bandung secara spasial. Sebagai masukan laju emisi untuk TAQM maka dilakukan pendekatan laju emisi yang bersifat periodik diurnal. Konfigurasi perubahan nilai laju emisi untuk jenis polutan CO dapat dilihat pada Gambar 2

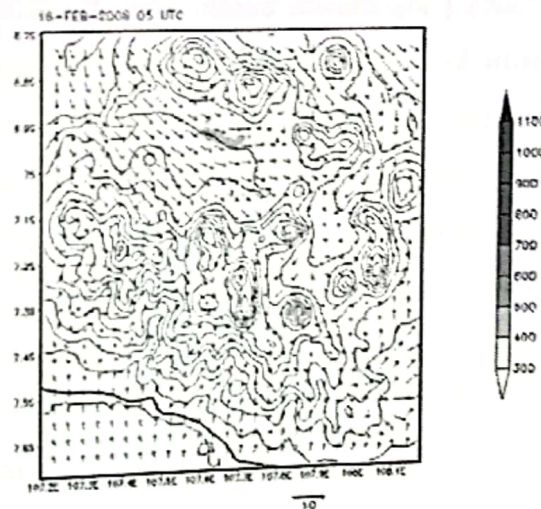
Konfigurasi untuk laju emisi CO diseting agar berada pada nilai maksimum pada siang hari pukul 12.00 WIB dengan asumsi jumlah kendaraan terpadat berada pada saat tersebut. Untuk laju emisi CO pada nilai minimum diatur pada pukul 00.00 WIB dengan asumsi pada tengah malam jumlah kendaraan yang beroperasi paling sedikit. Untuk nilai laju emisi kondisi menengah diatur pada pukul 06.00 dan 18.00 WIB

Dari hasil perhitungan laju emisi spasial dapat terlihat pada Gambar 2. bahwa laju emisi terbesar berada di pusat kota Bandung, hal ini disebabkan karena jumlah kendaraan di pusat kota lebih padat dan jalan utama lebih rapat untuk di bagian Bandung tengah.



Gambar 2. Konfigurasi laju emisi CO secara spasial untuk kondisi maksimum pukul 12.00 WIB

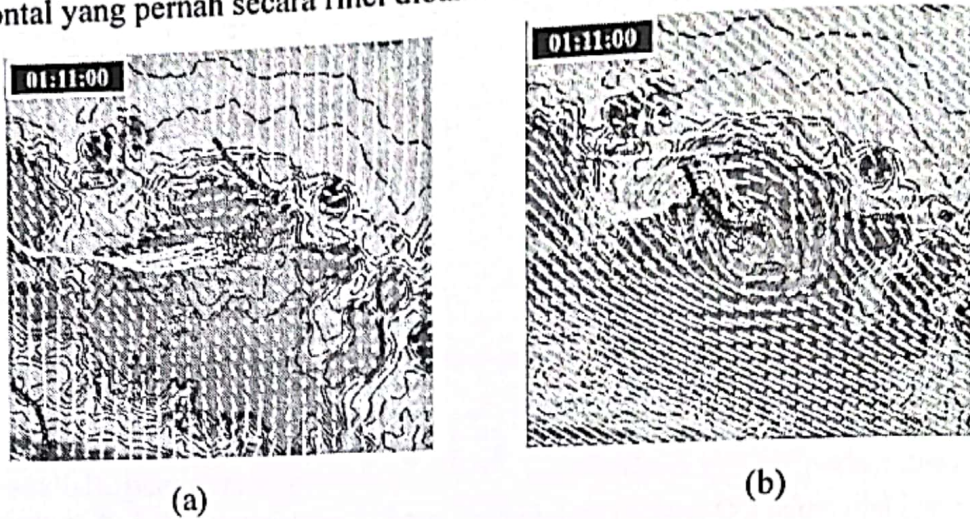
Untuk menunjukkan dispersi CO digunakan model TAQM (gambar 3). Dimana perhitungan konsentrasi tiap-tiap spesies kimia di udara dipengaruhi oleh transpor atmosfer, sumber emisi, penghilangan deposisi, reaksi kimia. (Chang, 1997).



Gambar 3. Pola penyebaran horizontal polutan CO di permukaan pada musim basah tanggal 16 Februari 2006 yang di-overlay dengan plot vektor angin permukaan. pada siang hari jam 12.00 WIB (05 UT + 7)

Dari pola angin pada musim basah (gambar 3), angin bertiup secara dominan dari arah barat laut. Sedangkan daerah topografi Bandung dari barat laut ke tenggara, bentuk topografinya cenderung datar sehingga angin permukaan yang bertiup di atas Bandung menuju ke timur/tenggara tidak terlalu terhalang. Angin permukaan yang tidak terhalang ini mengakibatkan pola penyebaran polutan yang berasal dari kota Bandung cenderung bergerak ke timur karena faktor utama sebagai

penggerak massa udara adalah angin. Pada gambar 2 dan 3 tersebut merupakan penyebaran CO secara horisontal yang pernah secara rinci dibahas oleh Cahyono (2008)



Gambar 4. Trayektori polutan hasil running TAPM pada Februari 2005 (a) dan Agustus 2006 (b) di kota Bandung

Pada gambar 4 merupakan hasil simulasi trayektori penyebaran polutan untuk CO selama satu hari dengan dua dimensi pada Februari 2005 (a) dan Agustus 2006 (b) di kota Bandung. Dari gambar tersebut dapat terlihat bahwa pada musim basah yang diwakili bulan Februari (a) angin bertiup dari barat daya dan musim kering yang diwakili bulan Agustus (b) angin bertiup dari tenggara, sehingga kecenderungan penyebaran CO lebih dominan di daerah Barat kota Bandung.

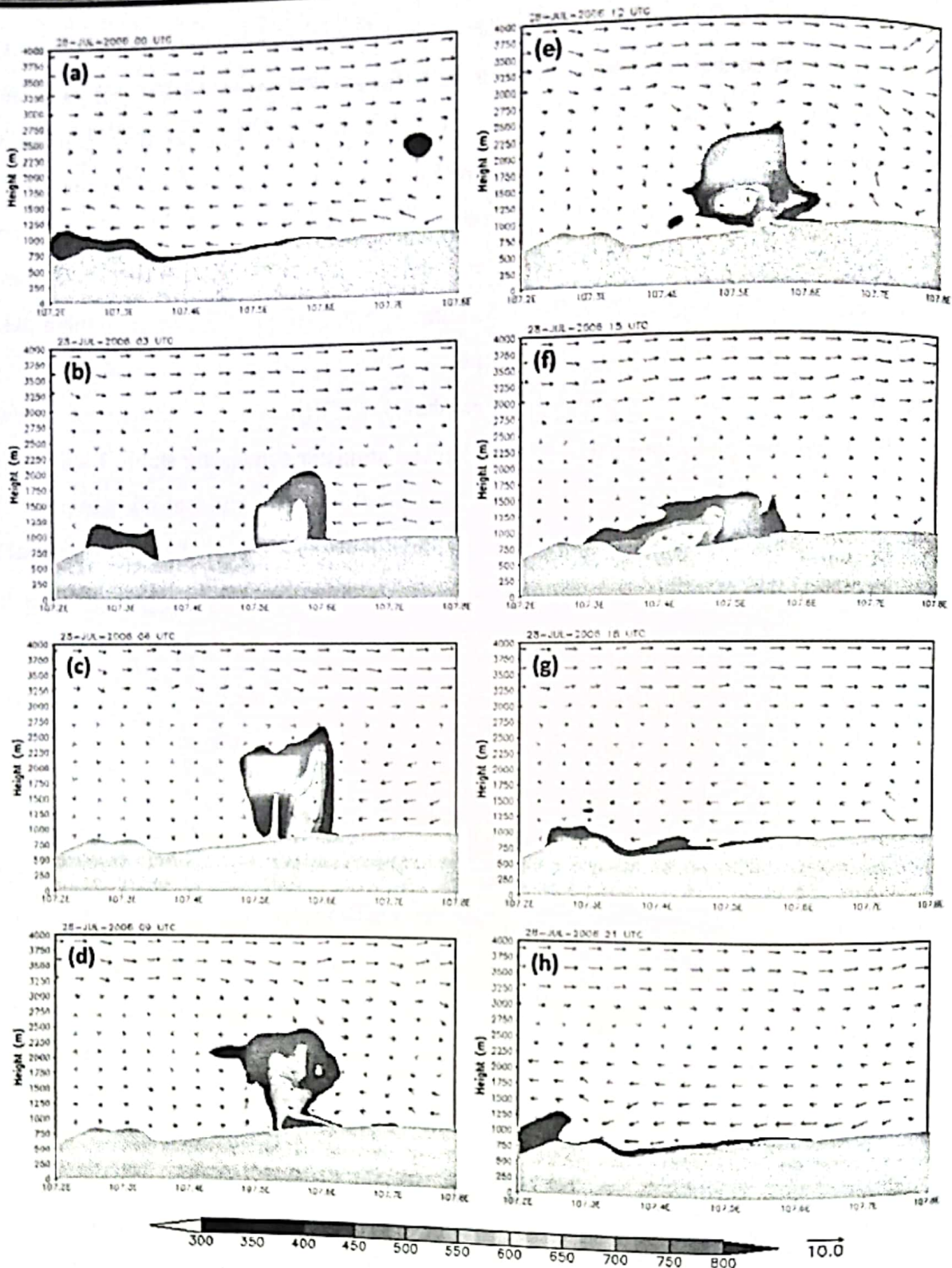
Dalam penyebarannya ke arah vertikal, polutan sangat dipengaruhi oleh stabilitas atmosfer. Polutan akan membumbung tinggi ketika berada di lapisan tidak stabil. Ketika polutan tersebut menyentuh lapisan atmosfer yang stabil maka polutan tersebut tertahan dan tidak akan membumbung lebih tinggi lagi karena lapisan stabil sulit ditembus oleh parcel udara. Pola lapisan stabilitas atmosfer ini sangat mempengaruhi karakteristik bentuk penyebaran polutan ke arah vertikal. Selain lapisan stabilitas atmosfer, gaya angin vertikal juga mempengaruhi karakteristik bentuk penyebaran polutan ke arah vertikal. Hal ini ditunjukkan oleh Gambar 5. Gambar ini memperlihatkan adanya hubungan antara penyebaran polutan CO ke arah vertikal dan lapisan kestabilan atmosfer. Dimana lapisan kestabilan atmosfer ini dilihat dari gradien temperatur potensial ekuivalen ke arah vertikal.

Pada pagi hari [gambar 5 (a)] gradien temperatur potensial ekuivalen lebih besar daripada siang hari. Ini berarti lapisan atmosfer cukup stabil pada pagi hari sehingga penyebaran polutan ke arah vertikal tidak dapat membumbung tinggi. Pada gambar 5. (a) terlihat bahwa polutan yang lebih dari 300 ppb hanya membumbung sampai lapisan kurang dari 1.250 m. Selain itu ada faktor lainnya, yaitu laju emisi yang dikonfigurasi tidak maksimal pada pagi hari.

Pada siang hari [gambar 5. (b) – (d)] gradien temperatur potensial ekuivalen sangat kecil. Ini berarti lapisan atmosfer sangat tidak stabil. Selain itu terlihat juga lapisan tidak stabil yang sangat tinggi mencapai ketinggian sekitar 3.000 m. Hal ini mengakibatkan penyebaran polutan ke arah vertikal dapat membumbung tinggi. Faktor laju emisi pun berada pada kondisi maksimal di siang hari sehingga penyebaran polutan dapat membumbung sampai pada ketinggian lebih dari 2.500 m.

Pada sore hari [gambar 5. (e)] gradien temperatur potensial ekuivalen sedikit bertambah sehingga penyebaran polutan ke arah vertikal berkurang dan hanya mencapai ketinggian sekitar 2.250 m untuk konsentrasi yang kurang dari 300 ppb.

Pada malam, lalu dini hari, sampai pagi [gambar 5. (f) – (h)] gradien temperatur potensial ekuivalen lebih besar dari pada sore hari sehingga lapisan atmosfer cenderung stabil. Lapisan tidak stabil hanya dijumpai pada ketinggian kurang dari 1.500 m di area tertentu. Hal ini mengakibatkan penyebaran polutan ke arah vertikal hampir tidak dapat terjadi. Selain itu hal ini juga disebabkan oleh konfigurasi laju emisi yang sangat minimal pada malam hari.



Gambar 5. Pola penyebaran vertikal polutan CO di sepanjang lintang 6.91° LS pada tanggal 28 Juli 2005 jam (a) 07.00, (b) 10.00, (c) 13.00, (d) 16.00, (e) 19.00, dan (f) 22.00 WIB, serta pada tanggal 29 Juli 2005 jam (g) 01.00, dan (h) 04.00 WIB . Konsentrasi CO dalam ppb.

4. KESIMPULAN

Dari hasil konfigurasi laju emisi CO secara spasial untuk kondisi maksimum pada pukul 12.00 WIB. Sedangkan dari hasil simulasi dengan TAQM menunjukkan dispersi CO pada pagi hari hingga siang hari cenderung menyebar ke arah timur dan pada saat menjelang sore hari pola penyebaran polutan cenderung berkumpul di sekitar kota Bandung pada musim basah. Hasil simulasi TAQM dan TAPM menunjukkan penyebaran CO yang lebih tinggi di daerah barat daripada daerah timur kota Bandung selama musim kemarau, karena pada musim kemarau tahun 2006 angin bertiup dari tenggara ke barat daya, sedangkan pada musim basah angin bertiup dari barat daya.

Dengan simulasi menggunakan TAQM, menunjukkan bahwa pada lapisan atmosfer cukup stabil pada pagi hari sehingga penyebaran polutan ke arah vertikal tidak dapat membumbung tinggi. Pada siang hari lapisan atmosfer sangat tidak stabil. Pada sore hari gradien temperatur potensial ekuivalen sedikit bertambah sehingga penyebaran polutan ke arah vertikal berkurang dan hanya mencapai ketinggian sekitar 2.250 m untuk konsentrasi yang kurang dari 300 ppb. Pada malam, lalu dini hari, sampai pagi, gradien temperatur potensial ekuivalen lebih besar dari pada sore hari sehingga lapisan atmosfer cenderung stabil. Dari hasil ini terlihat jelas bahwa penyebaran polutan di wilayah Bandung dan sekitarnya pada musim kering sangat dipengaruhi oleh 3 faktor, yaitu angin utama, sirkulasi lokal (diurnal) dan kestabilan lapisan udara.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyono. Dispersi Karbonmonoksida di Bandung, Lingkungan Tropis edisi khusus Agustus , IATPI, Jakarta, (ISSN 1978-2713), hal. 527-534. 2008
- Chang, J. S., S. Jin, Y. Li, M. Beauharnois, K.-H. Chang, C.-H. Lu, H.-C. Huang, S. Tanrikulu and J. DaMassa, *The SARMAP Air Quality Model,* Part 1 of SAQM Final Report to the California Air Resources Board, May, 85p., 1997.
- COLA. *Grid Analysis and Display System (GrADS)*, <http://www.iges.org/grads/>. 2005
- Comet Program. *Meteorology Education & Training (MetEd) : How Mesoscale Models Work*, University Corporation for Atmospheric Research (UCAR), Colorado, 1999
- Hurley P.J. 'The Air Pollution Model (TAPM) Version 3. Part 1: Technical Description', CSIRO Atmospheric Research Technical Paper No. 71. 54 pp, 2005
- MMM, *MM5 Community Model Homepage*, <http://www.mmm.ucar.edu/mm5/>, 2005.
- Wardhana, W.A. Dampak Pencemaran Lingkungan, Andi Offset, Yogyakarta, 2004.