

POLUSI UDARA DI KAWASAN CEKUNGAN BANDUNG

Sumaryati

Peneliti Bidang Komposisi Atmosfer, LAPAN
e-mail: sumary.bdg@gmail.com, maryati@bdg.lapan.go.id

RINGKASAN

Pengelolaan polusi udara pada prinsipnya adalah mengelola aktifitas sumbernya dan memanfaatkan karakteristik meteorologi setempat, sehingga dampak terhadap lingkungannya minimal. Sumber utama polutan udara di Bandung adalah transportasi, kegiatan rumah tangga, dan industri dengan cerobong relatif rendah. Bandung sebagai daerah urban dengan penutupan lahan dari material dan topografi berbukit dengan bentuk cekungan berpotensi terjadi inversi kuat. Adanya kejadian inversi dapat menyebabkan pengendapan polutan dari polutan yang diemisikan pada sumber yang rendah. Dinding topografi pada Cekungan Bandung menghambat penjarangan polutan ke arah horizontal. Oleh karena itu polutan udara di Cekungan Bandung cenderung terperangkap di pusat cekungan yang menghasilkan konsentrasi pekat.

1 PENDAHULUAN

Dalam pengelolaan polusi udara sebagaimana disebutkan dalam PP No. 41 tahun 1999 tentang pengelolaan polusi udara yang dimaksud dengan polusi udara adalah kondisi dimana kualitas udara ambien (udara bebas) turun akibat adanya zat atau energi (polutan) yang dihasilkan oleh kegiatan manusia (antropogenik) sehingga udara tidak dapat memenuhi fungsinya sebagaimana mestinya. Definisi tersebut juga sesuai dengan definisi yang dibuat oleh Seinfeld dan Pandis. Definisi tersebut memperbaiki definisi yang dibuat Seinfeld sebelumnya (1998) yang menyebutkan sumber polutan secara umum baik antropogenik maupun alami.

Ada dua hal yang dapat ditarik dari definisi polusi udara dalam pengelolaan polusi udara tersebut. Pertama, adanya polutan sebagai hasil kegiatan manusia. Kedua, kualitas udara turun sehingga tidak dapat memenuhi fungsinya. Jadi pengelolaan polusi udara sasarannya adalah sumber dari kegiatan manusia tidak termasuk sumber alami yang menyebabkan kualitas udara tidak dapat memenuhi fungsinya.

Agar tidak ada penilaian yang subyektif mengenai kualitas udara, maka dibuat suatu nilai baku untuk menentukan apakah kondisi udara itu sudah terpolusi atau belum, yaitu yang disebut sebagai baku mutu udara ambien. Di Indonesia baku mutu udara ambien diatur dalam Lampiran PP No. 41 tahun 1999. Nilai baku mutu ini menjadi acuan apakah udara sudah dapat dikatakan terpolusi atau belum.

Selain baku mutu, untuk menentukan derajat kualitas udara dapat dinyatakan dengan Indeks Pencemar Kualitas Udara (ISPU). ISPU diatur dalam SK Kepala Bapedal No. 107 tahun 1997. Nilai ISPU menentukan derajat kualitas udara dalam kondisi baik, sedang, tidak sehat, sangat tidak sehat, dan bahaya.

2 TEORI PENGELOLAAN KUALITAS UDARA

Untuk menjaga kualitas udara agar tetap baik, maka harus ada upaya pengelolaan polusi udara. Langkah pertama dan utama yang harus dilakukan adalah mengelola sumbernya. Sumber polutan adalah aktifitas manusia, maka yang harus dikelola pertama

adalah kegiatan manusia yang menghasilkan polutan. Sumber utama polutan udara di Bandung adalah kegiatan transportasi diikuti sumber lain, yaitu industri dan rumah tangga.

Jika upaya pengelolaan sumber polutan telah dimaksimalkan dan masih ada polutan udara yang terbentuk maka diusahakan polutan tersebut menyebar dalam cakupan yang luas pada daerah yang sedikit populasinya ataupun daerah yang tahan terhadap dampak dari polusi udara, seperti udara di atas perairan (laut) ataupun kawasan hutan. Polutan yang menyebar ke daerah yang sedikit populasinya akan mengurangi dampak yang terkena polutan. Jika polutan yang menyebar dalam cakupan yang luas maka akan menghasilkan konsentrasi udara ambien yang kecil sehingga dampaknya dapat ditolerir atau bahkan tidak ada dampak yang dirasakan pada lingkungan.

Langkah pembentukan sebaran polutan tersebut dapat memanfaatkan karakter meteorologi yang berpengaruh terhadap penyebaran polutan di udara. Parameter meteorologi yang berpengaruh terhadap penyebaran polusi udara adalah arah dan kecepatan angin, kestabilan. Arah dan kecepatan secara umum dipengaruhi oleh angin global, tetapi untuk angin permukaan yang berpengaruh terhadap penyebaran polusi udara angin lokal yang terbentuk akibat bentuk topografi seperti laut, darat, dan gunung bisa lebih dominan atau juga memperkuat angin global.

3 ANALISIS METEOROLOGI POLUSI UDARA DI BANDUNG

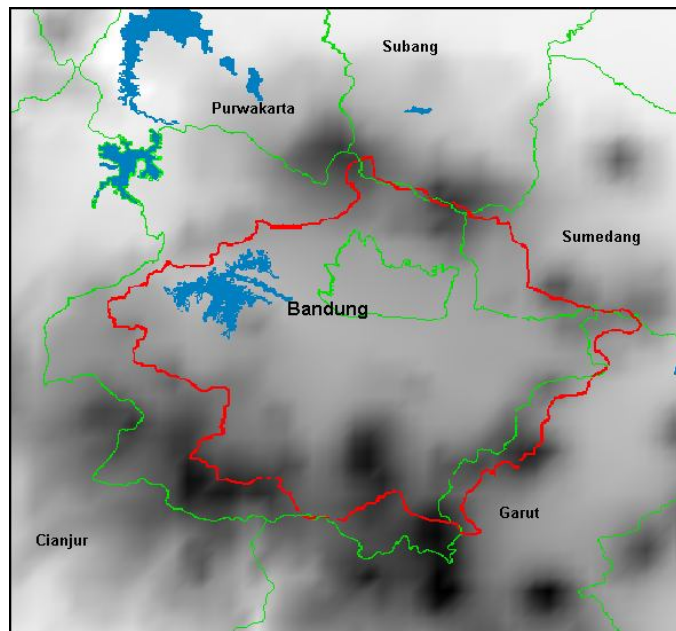
Bandung memiliki topografi yang unik, yaitu suatu dataran tinggi yang berbetuk cekungan. Oleh karena itu di Bandung dikenal sebagai Cekungan Bandung. Cekungan Bandung adalah daerah berbentuk cekungan yang dibatasi oleh dinding topografi tertinggi,

sehingga jika ada hujan limpasan air hujan tersebut mengalir ke arah pusat cekungan.

Dengan bantuan perangkat *The Air Pollution Model* (TAPM) topografi dapat digambarkan dengan resolusi sekitar 1 km (Gambar 3-1, dengan warna semakin hitam menunjukkan topografi yang semakin tinggi). Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3-1, secara administrasi, kawasan Cekungan Bandung meliputi seluruh Kota Bandung dan sebagian besar Kabupaten Bandung yang sekarang ini telah mengalami pemekaran menjadi Kabupaten Bandung, Kabupaten Bandung Barat dan Kota Cimahi. Selain ke empat daerah tersebut, masih ada sebagian kecil wilayah Kabupaten Garut, Sumedang, dan Subang.

Sifat meteorologi di atas Cekungan Bandung tidak mendukung penyebaran polusi udara di atas Bandung dengan baik. Topografi yang berbentuk cekungan di Bandung menyebabkan penyebaran secara horizontal terhambat, polutan terperangkap dalam cekungan. Sedangkan dalam Cekungan Bandung dapat dikatakan tidak ada lagi kawasan hutan yang agak tahan terhadap dampak polusi udara, sehingga mau tidak mau polutan selalu menyebar ke area permukiman penduduk.

Penyebaran polutan ke arah vertikal yang tinggi mampu mereduksi konsentrasi polutan di permukaan tanah. Penyebaran polutan ke arah vertikal terbatas hanya sampai pada lapisan yang disebut lapisan *mixing height* (tinggi percampuran). Pada kondisi udara sangat tidak stabil yang banyak dijumpai pada siang hari, lapisan *mixing height* bias mencapai 2 km. Namun ketika udara sangat stabil terutama pada malam hari, lapisan *mixing height* hanya beberapa ratus meter dari permukaan tanah (*ground*).



Gambar 3-1: Cekungan Bandung

(garis merah: Cekungan Bandung, garis hijau: batas wilayah administrasi, biru: waduk, warna yang semakin gelap menunjukkan topografi yang semakin tinggi)

Kondisi tidak stabil atmosfer terutama pada siang hari menguntungkan bagi penyebaran polusi udara. Pertama, kondisi atmosfer yang tidak stabil menghasilkan tinggi pencampuran yang tinggi, sehingga penyebaran polutan ke arah vertikal bisa jauh. Kedua, kondisi atmosfer yang tidak stabil dengan adanya turbulensi yang kuat menyebabkan polutan dapat bercampur dengan udara ambien lebih mudah. Kondisi ini akan mengencerkan polutan dari sumbernya.

Tetapi masih ada satu masalah lagi dalam penyebaran polutan adalah adanya lapisan inversi. Lapisan inversi terjadi apabila kondisi udara amat sangat stabil (ekstrem stabil), yaitu jika semakin ke atas temperatur bukan semakin rendah tetapi semakin tinggi. Secara matematis dapat dikatakan terjadi inversi jika gradien temperatur (perubahan temperatur terhadap ketinggian) bernilai positif. Kondisi udara semakin ke atas semakin panas bukan semakin dingin, ini adalah kondisi anomali yang menyebabkan polutan tidak bisa bercampur dengan udara sekitarnya.

Kondisi ini sangat berbahaya, karena bisa menyebabkan polutan mengendap pada udara permukaan (subsistensi) yang kita hirup.

Lapisan inversi terjadi karena adanya pendinginan pada permukaan Bumi. Proses pendinginan tersebut disebabkan adanya bangunan atau material yang memiliki sifat termal konduktor yaitu cepat panas bila terkena panas dan cepat dingin bila sekelilingnya dingin. Kejadian itu bisa terjadi pada malam dan pagi hari atau pada siang hari ketika tiba-tiba ada awan. Bandung sebagai kota dengan penutupan lahan dari material bersifat konduktor panas sangat berpotensi terjadi lapisan inversi pada waktu malam, pagi dan siang hari ketika berawan.

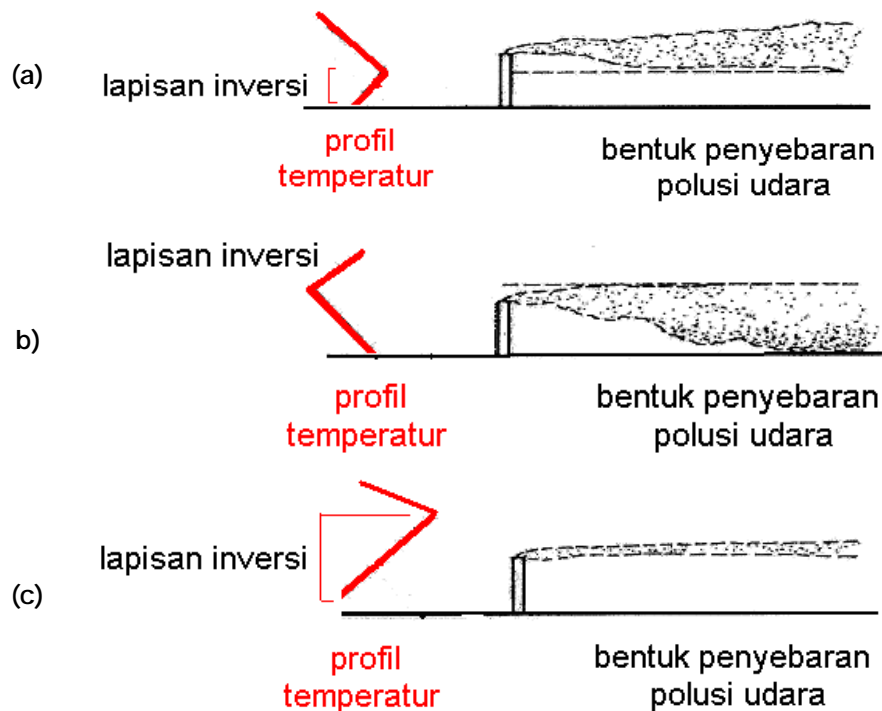
Selain itu, inversi juga bisa terjadi karena ada udara panas mengalir di atas lapisan udara yang dingin atau sebaliknya lapisan udara dingin mengalir di bawah lapisan udara yang panas. Kejadian ini bisa terjadi di Bandung

dengan topografi yang berbukit, karena udara yang panas di puncak bukit pada siang hari mengalir ke atas lembah yang masih dingin, atau sebaliknya. Oleh karena itu, Bandung sebagai daerah perkotaan dengan penutupan lahannya berupa material konduktor panas dengan topografi yang berbukit dan berbentuk cekungan potensi terjadi lapisan inversi yang kuat (Godish, 2004).

Lapisan inversi sangat penting dalam penyebaran polusi udara (Arya, 1999). Kondisi yang sangat stabil ini tidak ada olakan (eddy), sehingga tidak ada percampuran parcel udara yang mengandung polutan pekat ke lingkungannya. Dengan bahasa sederhana dalam kondisi sangat stabil ini tidak ada pengadukan atau percampuran polutan dengan lingkungannya. Parcel udara Polutan yang berada dalam lapisan inversi hanya terdispersi melalui proses difusi dan menjalar sesuai arah angin laminar. Sebaliknya jika parcel polutan

berada pada lapisan yang tidak stabil, akan terjadi olakan yang kuat, sehingga parcel polutan tersebut seakan diaduk sehingga dapat bercampur sempurna dengan udara lingkungannya.

Skema Gambar 3-2 adalah gambaran sederhana contoh kasus penyebaran polutan yang berada pada lapisan tidak stabil yang berada di bawah dan di atas lapisan inversi, serta pada lapisan inversi. Kasus pertama (Gambar 3-2a) bias dijumpai pada cerobong industri yang tinggi yang mencapai di atas lapisan inversi. Pada kasus ini polutan menyebar bagus hanya pada lapisan tidak stabil di atas lapisan inversi dan tidak menyebar ke lapisan inversi yang di bawahnya. Kondisi seperti ini sangat menguntungkan dalam pengelolaan kualitas udara (Sumaryati, 2007), karena lapisan bawah yang berhubungan langsung dengan kehidupan manusia tidak terpapar polutan.



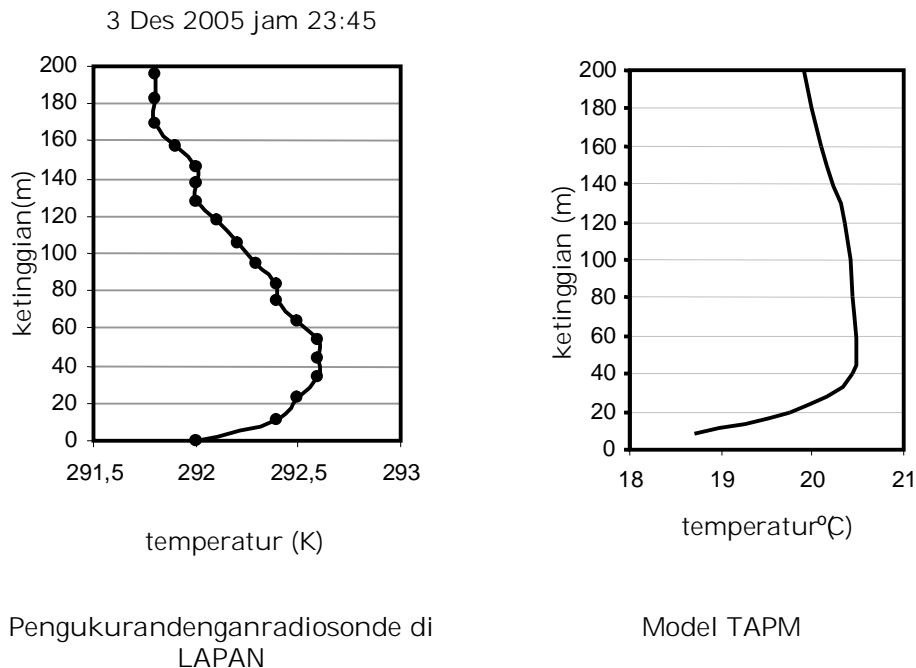
Gambar 3-2: Skema sederhana bentuk penyebaran polusi terhadap lapisan inversi (a. sumber polutan berada pada lapisan tidak stabil di atas lapisan inversi, b. sumber polutan berada pada lapisan tidak stabil di bawah lapisan inversi, c. sumber polutan berada pada lapisan inversi)

Kasus ke dua (Gambar 3-2b) ada lapisan inversi di atas permukaan tanah yang kondisinya sangat tidak stabil, dan pada permukaan tanah ini ada sumber polutan. Sumber polutan ini bisa cerobong yang rendah atau dari aktivitas transportasi. Polutan yang berada pada lapisan tidak stabil ini dapat tercampur dengan sempurna dengan udara di lingkungannya, tetapi hanya sebatas pada lapisan bawah saja, dan tidak bisa menembus lapisan inversi. Kondisi ini sangat merugikan karena polutan hanya menyebar pada lapisan bawah atmosfer yang berhubungan langsung dengan kegiatan manusia.

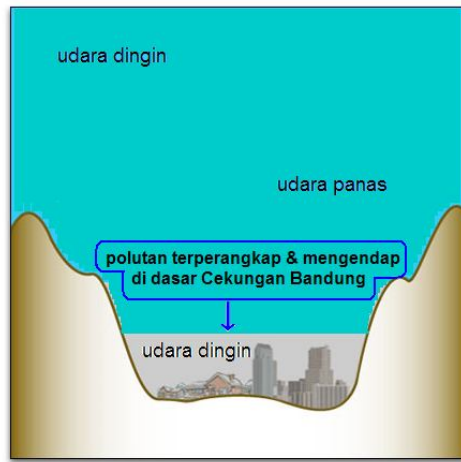
Kasus ke tiga (Gambar 3-2c) seperti kasus pertama, hanya sumber polutan tidak bisa melampaui tinggi lapisan inversi. Parcel polutan tidak bisa tercampur dengan udara sekitarnya karena tidak ada olakan. Polutan mengumpul pada lapisan bawah, mengalir

mengikuti aliran laminar angin, dan terdifusi dengan lingkungannya yang memiliki konsentrasi lebih rendah. Kondisi ini sangat membahayakan, karena jika manusia ataupun lingkungan yang terpapar akan berdampak yang sangat signifikan.

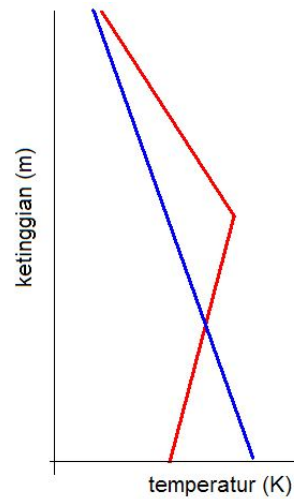
Mengendapnya polutan di lapisan bawah akan terlihat jelas pada pagi hari. Lapisan inversi (Gambar 3-3) bisa dilihat dengan pengukuran profil temperatur misalnya dengan radiosonde maupun dengan menggunakan model. Ketika terjadi inversi, kondisi Cekungan Bandung secara sederhana dapat digambarkan seperti Gambar 3-4. Pagi hari ketika masih terjadi inversi dan emisi polutan cukup tinggi karena kegiatan transportasi yang sudah ramai, polutan terperangkap dalam lapisan inversi dan tidak adanya turbulensi (pengadukan polutan ke lingkungan), sehingga polutan sangat pekat di permukaan.



Gambar 3-3: Profil temperatur di Bandung saat kejadian inverse dari hasil pengukuran radiosonde dan model Imeteorologi TAPM



penampang vertikal Cekungan Bandung pada kejadian inversi



— temperatur vertikal dalam kejadian inversi

— temperatur vertikal dalam kondisi normal

Gambar 3-4: Pengendapan polutan di Cekungan Bandung oleh dinding topografi dan kejadian inversi



Gambar 3-5: Smog fotokimia di Cekungan Bandung berwarna coklat ke abu-abuan

Jika pagi hari dari tempat yang tinggi, terutama di pinggiran Cekungan Bandung terlihat warna coklat keabu-abuan di daerah bawah Cekungan Bandung, itulah fenomena smog fotokimia (Gambar 3-5) akibat pekatnya polutan yang terjebak dalam lapisan inversi. Semakin siang, udara semakin tidak stabil, lapisan inversi hilang dan turbulensi mulai tinggi, maka polutan itu tersebar dan tercampur dengan udara lingkungannya, sehingga menjadi encer dan fenomena di atas mulai nampak kabur. Meskipun belum ada pengukuran

konsentrasi polutan secara vertikal di kawasan Cekungan Bandung, fenomena smog fotokimia yang kasat mata tersebut telah menunjukkan adanya pengendapan polutan di Cekungan Bandung.

4 PENUTUP

Bandung sebagai daerah urban dengan bentuk topografi yang berbukit, maka potensi terjadinya inversi pada permukaan sangat tinggi. Jika sumber polutan bisa melampaui lapisan inversi, maka ini akan menguntungkan bagi

kesehatan lingkungan udara di Cekungan Bandung. Tetapi kondisi yang ada adalah sebaliknya, mayoritas sumber polutan pada posisi rendah dekat permukaan tanah, terutama kegiatan transportasi dan rumah tangga. Sedangkan industri pun di kawasan Cekungan Bandung relatif memiliki cerobong yang rendah.

Jika lapisan inversi menghalangi polutan menyebar ke arah vertikal, penyebaran polutan ke arah horizontal pun terhalang oleh dinding topografi yang berbentuk cekungan. Dapat dikatakan nasib polutan udara (*air pollutant fate*) dari Cekungan Bandung terperangkap dan mengendap di dalam cekungan. Akan bergerak ke arah vertikal terhalang lapisan inversi, bergerak ke arah horizontal terhalang dinding topografi.

DAFTAR RUJUKAN

- Arya, S.P., 1999. *Air Pollution Meteorology and Dispersion*, Oxford University Press, New York, 42-75.
- Bapedal, 1997. Surat Keputusan Kepala Bapedal No. 107 tahun 1997 Perhitungan dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara.
- Godish, T., 2004. *Air Quality*, 4th edition. Lewis Publisher, NY, 71-91.
- Keputusan Menteri No. 45 tahun 1997 tentang Indeks Pencemar Polusi Udara (ISPU).
- Peraturan Pemerintah No. 41 tahun 1999 tentang Pengelolaan Pencemaran Udara.
- Seinfeld, J.H., 1986. *Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution*. John Wiley and Sons, New York.
- Seinfeld, J.H., dan Pandis, S.N., 1998. *Atmospheric Chemistry and Physics from Air Pollution to Climate Change*. John Wiley and Sons, Canada, 49-124 dan 859-67.
- Sumaryati, 2007. *Thesis: Penetapan Beban Emisi Maksimum CO di Kawasan Industri Dayeuh Kolot*, ITB Bandung.