

Kondisi Gradien Temperatur terhadap Proses Pengenceran Smog Fotokimia di Cekungan Bandung

Temperature Gradient Condition on the Photochemical Smog Dilution in Bandung Basin Area

SUMARYATI, ASRI INDRAWATI, DYAH ARIES TANTI

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, Lembaga Penerangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)
Jl. Dr. Djundjunaan 133 Bandung 40173 Telp. 022 6037445 Fax. 022 6037443,
Email: sumary.bdg@gmail.com

ABSTRACT

Big cities with valley or basin topography such as Bandung, generally have problems with air pollution due to the inversion layer and photochemical smog formations. The inversion conditions cause photochemical smog settling so that the air looks dark on the surface. This study was conducted to analyze the character of inversion events in Bandung due to vertical temperature changes. The inversion layer is obtained from the TAPM (The Air Pollution Model) model and in situ measurement of vertical temperatures by flying a temperature sensor to get the temperature profile. The TAPM running model is carried out in July and December following the dry and rainy seasons. In situ temperature observations are carried out in September 2018 using a drone according to the dry season and data corresponding to the rainy season using data from previous research with a radiosonde balloon. The running model results show that the inversion layer in the rainy season is stronger and more persistent than in the dry season. The inversion layer at night until morning occurs at the surface level, then the inversion layer rises, and finally, the inversion layer breaks up around 10:00 in July and around 12:00 in December. Validation with in situ measurements shows similarity in the pattern. The inversion event correlates with the subsidence and dilution of smog and photochemical smog pollutants from the edge of the Bandung Basin area.

Keywords: basin, urban, photochemical smog, inversion

ABSTRAK

Kota besar dengan topografi berbentuk lembah atau cekungan seperti Bandung, umumnya memiliki masalah dengan polusi udara karena adanya pembentukan lapisan inversi dan *smog* fotokimia. Kondisi inversi menyebabkan terjadinya pengendapan *smog* fotokimia, sehingga udara terlihat gelap pada permukaan. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis karakter kejadian inversi di Cekungan Bandung akibat dari perubahan temperatur vertikal. Lapisan inversi diperoleh dari model TAPM (Model Polusi Udara) dan pengukuran *in situ* temperatur vertikal dengan menerbangkan sensor suhu untuk mendapatkan profil suhu. *Running* model TAPM dilakukan pada bulan Juli dan bulan Desember berkesesuaian dengan musim kemarau dan hujan, sedangkan pengamatan temperatur *in situ* dilakukan pada bulan September 2018 dengan menggunakan wahana *drone* yang berkesesuaian dengan musim kemarau, serta untuk data yang berkesesuaian dengan musim hujan menggunakan data hasil penelitian sebelumnya dengan wahana balon *radiosonde*. Hasil *running* model menunjukkan, lapisan inversi pada musim hujan lebih kuat dan lebih persisten dari pada musim kemarau. Lapisan inversi pada malam sampai pagi hari terjadi pada level permukaan, kemudian lapisan inversi ini naik dan akhirnya lapisan inversi pecah sekitar pukul 10:00 pada bulan Juli dan sekitar pukul 12:00 pada bulan Desember. Validasi dengan pengukuran *in situ* menunjukkan kemiripan pola. Kejadian inversi berkorelasi dengan pengendapan dan pengenceran polutan *smog* dan *smog* fotokimia dari pinggir Cekungan Bandung.

Kata kunci: cekungan, urban, *smog* fotokimia, inversi

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam terminologi polusi udara, khususnya di daerah perkotaan dikenal istilah *smog* dan *smog* fotokimia. Keduanya nampak hampir sama berupa kabut asap yang mengurangi jarak pandang dan mengganggu kesehatan, tetapi ada

yang membedakan yaitu proses dan unsur pembentuknya. *Smog*, kadang juga disebut *smog* industri (*industrial smog*) merupakan partikel asap (*smoke*) yang bercampur dengan kabut (*fog*). Sedangkan *smog* fotokimia terbentuk dari beberapa senyawa polutan udara seperti aldehid (R-CHO), nitrogen oksida (NO dan NO₂), ozon troposfer (O₃), peroxyacyl nitrates (PAN), dan

volatile organic compound (VOC). Senyawa tersebut sangat reaktif jika terkena paparan radiasi ultraviolet membentuk kabut keruh berwarna merah kecoklatan. Tanpa ada radiasi ultraviolet, *smog* fotokimia hanya akan menjadi *smog*.

Senyawa pembentuk *smog* industri maupun *smog* fotokimia banyak dihasilkan dari proses industri dan transportasi, sehingga kejadian keduanya banyak dijumpai di daerah urban. Karena berasal dari sumber yang sama, maka *smog* dan *smog* fotokimia sering muncul bersamaan membentuk polusi udara. Konsentrasi *smog* maupun *smog* fotokimia selain ditentukan oleh besarnya sumber emisi juga dipengaruhi oleh kondisi cuaca permukaan dan secara vertikal dipengaruhi oleh lapisan inversi^(1,2). Pembentukan *smog* fotokimia sudah menjadi masalah di kota-kota besar dunia seperti di Chile, Bangkok, dan China^(3,4,5).

Lapisan inversi merupakan lapisan anomali di troposfer, yang mana seharusnya pada lapisan troposfer temperatur berkurang dengan bertambahnya ketinggian sedangkan lapisan inversi adalah kebalikannya yaitu temperatur bertambah panas dengan bertambahnya ketinggian atau gradien temperatur bernilai positif. Pengamatan lapisan inversi dapat dilakukan berbagai metode antara lain dengan radiosonde, *global positioning system radio occultation*, dan model meteorologi⁽⁶⁾. Pola kejadian inversi dalam waktu sesaat maupun bersifat persisten yaitu yang berlangsung secara permanen dalam rentang waktu lama. Lapisan inversi persisten umumnya dapat terjadi pada daerah lembah atau pada musim dingin⁽⁶⁾.

Sebagai daerah urban dengan topografi berbentuk cekungan, potensi terjadinya lapisan inversi di Bandung cukup tinggi, sehingga menyebabkan ventilasi udara dalam wilayah ini terbatas⁽⁷⁾. Kondisi itu menjadi kendala dalam penyebaran polusi udara. Hal itu dikarenakan dispersi polutan secara horizontal terhalang dinding topografi dan dispersi secara vertikal terhalang oleh lapisan inversi yang menyebabkan polutan mengendap pada permukaan sehingga polutan udara yang dihasilkan di Bandung akan terperangkap dan mengendap pada permukaan di daerah sekitar sumber⁽⁸⁾.

Aliran udara balik akan membentuk lapisan-lapisan udara yang sangat stabil atau lapisan inversi, yang dapat menghambat konveksi vertikal, pengenceran dan ventilasi daerah utara di atas kota Bandung. Konsentrasi pencemar akan terakumulasi di satu bagian kota, khususnya pencemar sekunder seperti NO_x yang sangat reaktif dan juga salah satu pembentukkan oksidan fotokimia selain O_3 ⁽⁹⁾. Ozone permukaan (*ground-level ozone*)

merupakan sumber utama dari *smog* fotokimia, yang dihasilkan dari reaksi fotokimia NO_x dan VOC⁽¹⁰⁾. Menurut penelitian yang telah dilakukan untuk kota Bandung, perubahan konsentrasi O_3 dipengaruhi secara signifikan oleh temperatur dan radiasi matahari⁽¹¹⁾. Ketinggian lapisan inversi dan waktu terjadinya lapisan inversi merupakan hal penting yang berperan pada pemantauan kualitas udara⁽¹²⁾.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis bagaimana karakter kejadian inversi di Cekungan Bandung akibat dari perubahan temperatur vertikal dan pengaruhnya terhadap pengendapan dan pengenceran konsentrasi *smog* maupun *smog* fotokimia yang dapat diamati dari dataran tinggi di pinggiran Cekungan Bandung.

2. DATA DAN METODE

2.1 Data

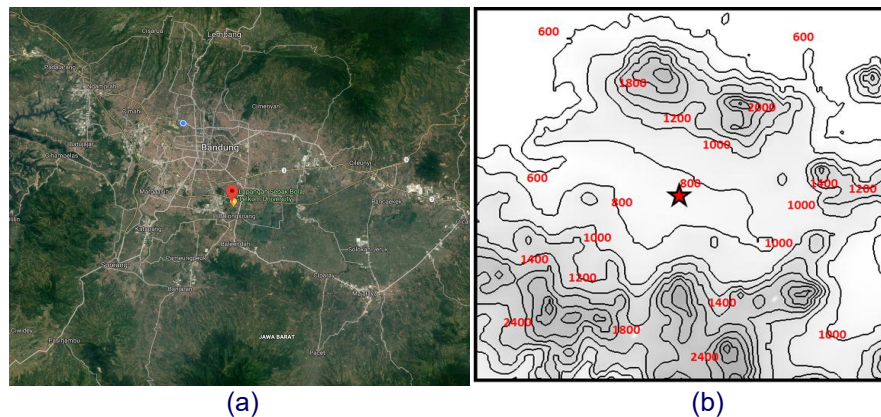
Pengamatan profil temperatur untuk mengetahui ada atau tidak adanya lapisan inversi dilakukan dengan sensor temperatur yang dibawa dengan wahana *drone*. Karena pengamatan dengan *drone* sangat terbatas, maka untuk mengkaji lapisan inversi di cekungan Bandung dibantu dengan data yang diturunkan dari keluaran *running* model meteorologi TAPM (*The Air Pollution Model*). TAPM adalah model penyebaran polusi udara yang dikembangkan oleh CSIRO, Australia. Keluaran *running* model TAPM yang utama adalah model penyebaran polusi udara, tetapi model tersebut juga dapat digunakan untuk *running* program meteorologi. Data pendukung parameter meteorologi yaitu tekanan udara dan temperatur pada level permukaan diperoleh dari *Automatic Weather Station* (AWS) Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer (PSTA) LAPAN berupa data rata-rata bulanan tahun 2018.

2.2 Metode

Pengamatan profil temperatur secara *in situ* wahana *drone* dengan daya terbang sampai ketinggian sekitar 400 m. Sebelum diterbangkan, sensor temperatur dikalibrasi dengan alat ukur temperatur yang telah tersertifikasi kalibrasi. Sensor ini dirancang sebagai *payload* roket sonde, yaitu *payload* yang dibawa roket yang ketika mencapai ketinggian maksimum *payload* dilepas ke atmosfer. Dengan dikendalikan parasut agar tidak jatuh bebas, sensor mengukur temperatur atmosfer secara *descending*. Demikian juga pada penerbangan dengan wahana *drone* ini, pengukuran yang akurat ketika *drone* bergerak turun.

Lokasi penerbangan *drone* di Lapangan Sepak Bola kawasan Universitas Telkom Bandung ($6^{\circ} 58' \text{LS}$; $107^{\circ} 37,5' \text{BT}$). Dilihat dari *google maps* (Gambar 1a), letak Lapangan Sepak Bola Universitas Telkom bukan berada pada pusat kota Bandung, tetapi pada posisi

paling rendah di kawasan Cekungan Bandung sehingga dapat dikatakan sebagai pusat Cekungan Bandung. Lebih jelasnya sebagai pusat Cekungan Bandung ditunjukkan pada kontur topografi yang diperoleh dari program TAPM (Gambar 1b). Lokasi ini sekaligus menjadi pusat domain *running* model TAPM.



Gambar 1. Posisi pengamatan profil temperature (a. *google maps*. b topografi Cekungan Bandung dari TAPM [★ Universitas Telkom])

Running dilakukan pada bulan Juli 2017 disesuaikan dengan musim kemarau dan musim hujan pada bulan Desember. Ekstraksi *output* perjam temperatur dilakukan pada beberapa level ketinggian per jam untuk mendapatkan profil temperatur vertikal secara diurnal. Hasil yang diperoleh akan memperlihatkan ada tidaknya lapisan inversi.

Smog dan *smog* fotokimia merupakan polutan yang kasat mata, sehingga keberadaannya dapat diambil gambarnya. Pengambilan gambar dilakukan di daerah Cekungan Bandung dari salah satu tempat pada dataran tinggi pinggiran Cekungan Bandung, yaitu di Lembang. Analisis diskriptif dilakukan untuk hasil pengamatan visual *smog* fotokimia terkait dengan profil temperatur vertikal dan kejadian lapisan inversi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

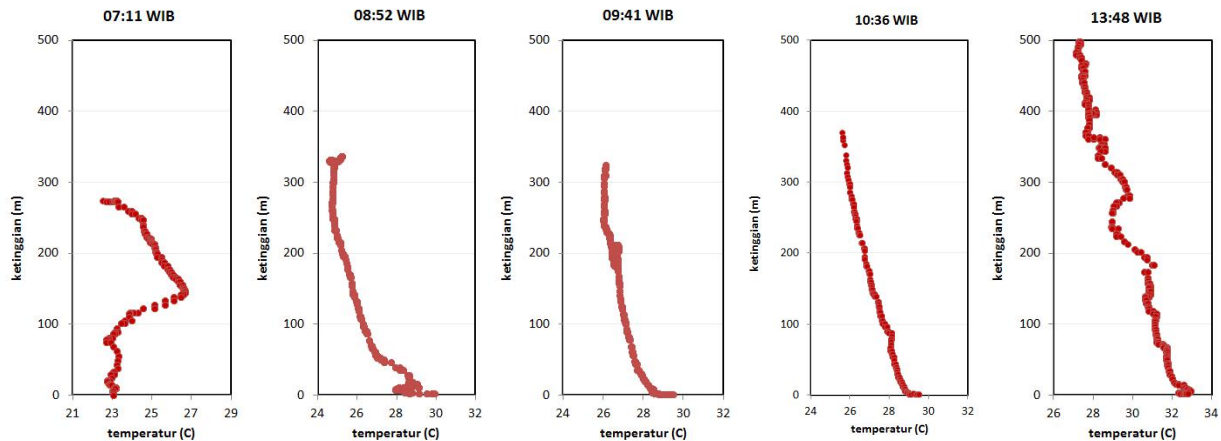
3.1 Lapisan Inversi di Cekungan Bandung

Lapisan inversi adalah kondisi anomali pada lapisan troposfer dengan gradien temperatur bernilai positif atau $\Delta t / \Delta z > 0$, dengan t adalah temperatur dan z adalah ketinggian. Lapisan inversi dapat digambarkan dengan dua cara, yaitu dengan diagram antara temperatur terhadap ketinggian dimana lapisan inversi ditandai dengan gradien positif atau garis miring ke kanan. Penggambaran kedua dengan membuat diagram antara $\Delta t / \Delta z$ terhadap ketinggian. Semakin besar nilai gradien temperatur atau semakin besar nilai $(\Delta t / \Delta z)$ kondisi lapisan inversi semakin kuat. Pengamatan inversi secara *in situ* dengan

wahana *drone*, terkendala tingginya kecepatan angin, sehingga hanya sedikit data yang diperoleh (Gambar 2).

Sebagai daerah urban dengan topografi berbentuk cekungan, adanya lapisan inversi di kota Bandung dapat terbentuk melalui dua mekanisme yaitu inversi radiasi dan inversi advectif. Inversi radiasi terbentuk karena sifat termal permukaan daerah urban di kota Bandung yang memiliki respon cepat terhadap radiasi matahari, yaitu cepat panas ketika mendapat radiasi matahari dan cepat dingin ketika tidak ada radiasi matahari. Inversi radiasi banyak terjadi pada malam hari atau siang hari ketika ada awan. Inversi advectif terbentuk ketika massa udara dingin mengalir di bawah udara panas, atau sebaliknya lapisan udara panas mengalir di atas udara dingin.

Cekungan Bandung merupakan daerah urban atau perkotaan yang dibatasi oleh daerah sub urban dan pedesaan pada dataran tinggi yang mengelilinginya. Sebagai daerah urban, Bandung sudah mengalami fenomena *urban heat island* (UHI)^(13,14), yaitu fenomena pemanasan di pusat kota dengan temperatur di kota lebih tinggi dari pada daerah pedesaan sekitarnya. Dengan adanya fenomena UHI di Cekungan Bandung, maka udara dingin dari dataran tinggi di pinggiran Cekungan Bandung akan mengalir pada lapisan bawah kota Bandung yang mengalami UHI. Kondisi ini menciptakan lapisan udara dengan perbedaan temperatur yang sangat besar dengan udara dingin ada di bawah. Oleh karena itu fenomen UHI di kota Bandung menjadikan lapisan inversi yang terbentuk melalui mekanisme inversi advectif menjadi sangat kuat.



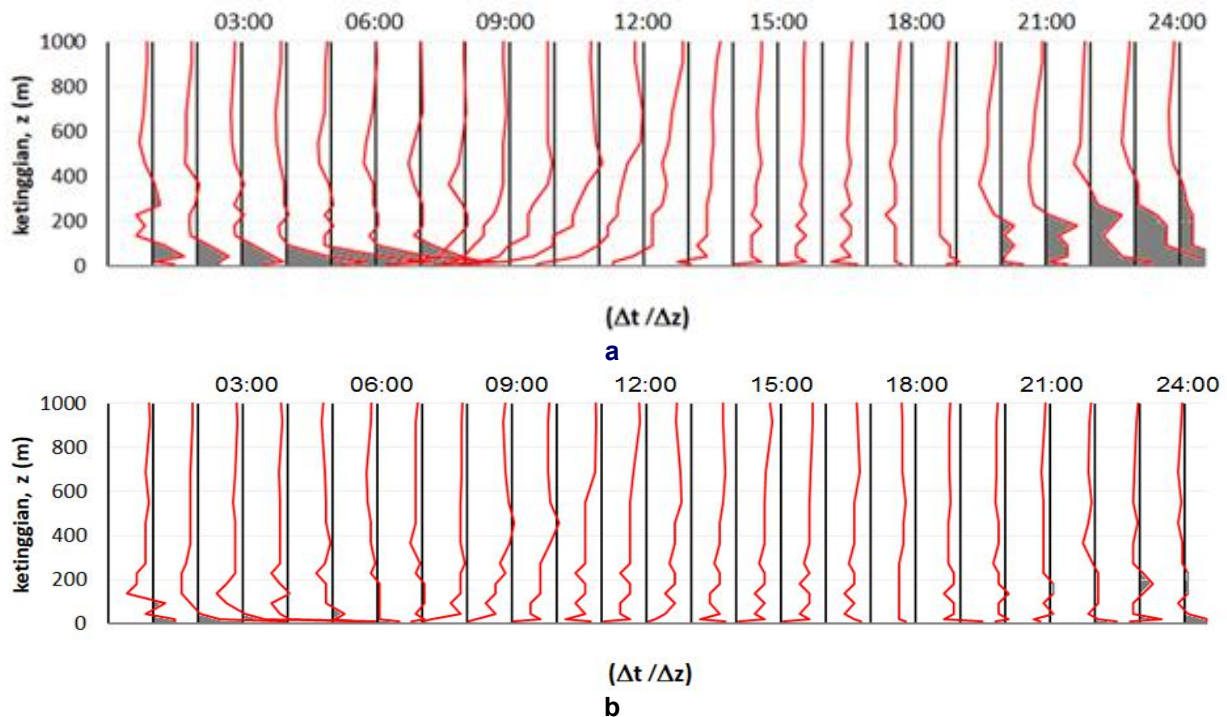
Gambar 2. Profil temperatur di Pusat Cekungan Bandung

Dari pengamatan tersebut, kejadian inversi hanya terjadi pada pagi hari pukul 07:15 WIB. Pada siang hari terlihat gradien temperatur cenderung miring ke kiri yang berarti kondisi atmosfer tidak stabil. Kejadian ini terjadi pada musim kemarau. Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, pada musim hujan dengan menganalisa lapisan inversi dari pengukuran temperatur vertikal menggunakan radiosonde dengan wahana balon stratosfer dari tanggal 18 November–19 Desember 2005, yang diluncurkan di lingkungan Kantor LAPAN Bandung setiap pukul 06:00, 12:00, 18:00, dan 00:00 WIB ditemukan kejadian inversi pada malam hari (00:00 WIB). Beberapa inversi juga ditemukan pada pukul 18:00 WIB, namun hanya sedikit kejadian inversi pada pukul 12:00 dan 06:00 WIB⁽¹⁵⁾. Lapisan inversi pada siang hari di musim hujan terjadi karena mekanisme advectif, sebab adanya penutupan awan. Kondisi ini tidak terjadi pada musim kemarau, yang mana sesuai dengan pengamatan pada penelitian ini.

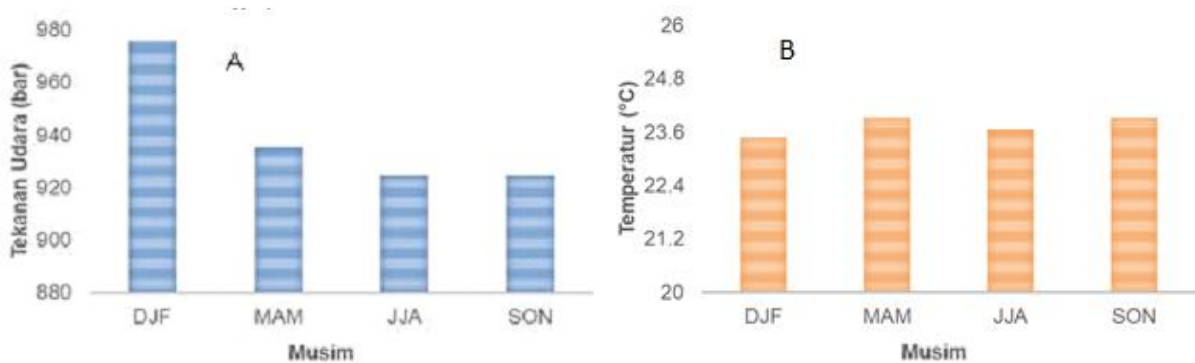
Untuk melengkapi analisa lapisan inversi di Bandung, dilakukan dengan model TAPM yang dioperasikan pada musim hujan dan musim kemarau dengan menghasilkan keluaran model profil temperatur vertikal setiap jam (Gambar 3), yang mana lapisan inversi ditunjukkan pada warna abu-abu. Pada bulan Desember terjadi inversi di permukaan sampai (100-200) m dari pukul 20:00 sampai 07:00 WIB yang terjadi secara persisten. Kemudian diwaktu yang sama pada lapisan di atasnya juga terjadi lapisan isothermal dengan ($\Delta t / \Delta z$) bernilai nol yang diselingi dengan inversi yang tipis dan lemah, kondisi ini berakhir pada pukul 12:00 WIB. Pada bulan Juli lapisan inversi sangat rendah, dibawah 12 m yang terjadi menjelang pagi. Setelah pagi hari, lapisan inversi ini naik membentuk lapisan isothermal dan lapisan inversi lemah, menunjukkan lapisan sangat stabil. Lapisan sangat stabil ini berakhir sekitar pukul 10:00 WIB.

Secara diurnal, lapisan inversi dimulai pada malam hari dan berakhir pagi hari ketika intensitas radiasi matahari sudah cukup tinggi menyinari permukaan Bumi. Tinggi lapisan inversi pada malam hari lebih tinggi dari pada siang hari. Menurut Wikandari dkk⁽¹⁶⁾ hal ini disebabkan adanya adveksi pada malam hari yang lebih kuat dari pada siang hari. Lapisan inversi pada bulan Desember yang bersesuaian dengan musim hujan lebih kuat dan lama bila dibandingkan pada bulan Juli yang bersesuaian dengan musim kemarau disebabkan pada musim hujan tekanan udara lebih tinggi bila dibandingkan dengan musim kemarau.

Menurut kajian yang dilakukan oleh Largeron dan Staquet⁽⁷⁾ pada daerah lembah, dimana musim dingin mempunyai tekanan udara yang kuat, mengakibatkan terbentuknya lapisan inversi yang kuat. Jika dibandingkan dengan kejadian lapisan inversi di Semenanjung Indochina, inversi pada musim kering justru lebih kuat dari pada musim basah, karena pada saat musim kering, tekanan udara di Semenanjung Indochina lebih tinggi bila dibandingkan dengan musim penghujan (basah)⁽¹⁷⁾. Intensitas *heat island*, lapisan inversi dan arah angin dikendalikan oleh pola tekanan udara. Seperti di Teheran, ketika tekanan udara tinggi, akan membuat lapisan atmosfer menjadi stabil dan polusi udara tidak dapat naik (tetap dipermukaan) meskipun ketinggian lapisan inversi jauh di atas permukaan⁽¹⁾. Sehingga, tekanan udara merupakan faktor utama dalam menentukan kuat atau lemahnya lapisan inversi di atmosfer disamping faktor lain seperti kelembapan, temperatur dan arah angin. Tekanan udara dan temperatur di Bandung secara musiman (Gambar 4) menunjukkan pada musim hujan (DJF) tekanan sangat tinggi dan sebaliknya temperatur permukaan paling rendah, yang mana kondisi ini yang menghasilkan lapisan inversi sangat kuat.



Gambar 3. Pemodelan pola diurnal kejadian inversi di pusat Cekungan Bandung: a. bulan Desember (musim hujan), b. bulan Juli (musim kemarau)



Gambar 4. Tekanan udara (A) dan temperatur (B) di Bandung secara musiman (DJF: musim hujan, MAM: musim peralihan, JJA: musim kemarau, SON: musim kemarau)

3.2 Smog Fotokimia di Cekungan Bandung

Ozon troposfer adalah polutan sekunder yang berasal dari reaksi polutan primer terutama CO dan NO, merupakan unsur utama pembentuk *smog* fotokimia⁽¹⁰⁾. Dengan adanya lapisan inversi atau kondisi udara sangat stabil, *smog* fotokimia akan mengendap pada permukaan sehingga udara pada permukaan Cekungan Bandung terlihat keruh berwarna merah kecoklatan. Kondisi sebaliknya jika tidak ada kejadian inversi atau kondisi udara tidak stabil maka pencampuran udara secara vertikal terjadi dengan baik sehingga *smog* fotokimia tersebar vertikal lebih tinggi dan udara pada Cekungan Bandung terlihat lebih cerah.

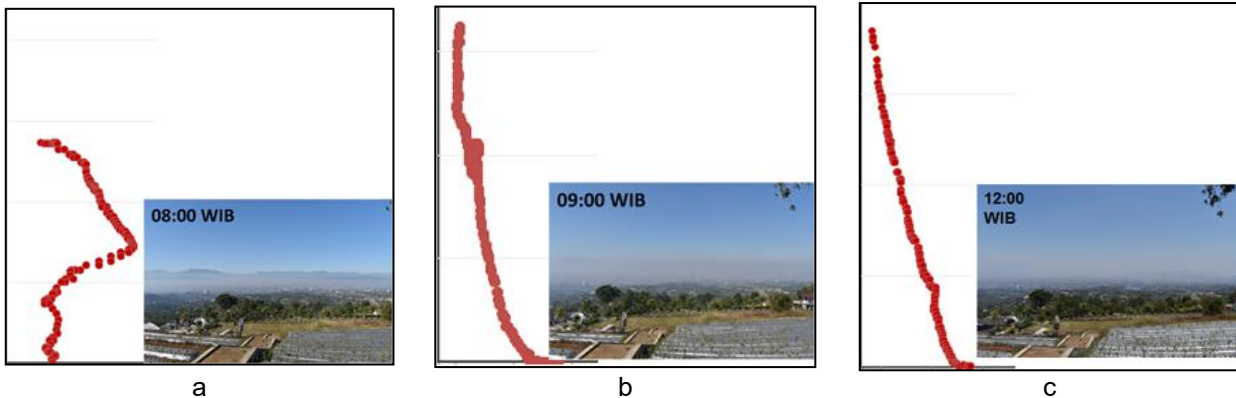
Pengamatan secara visual pembentukan *smog* dan *smog* fotokimia ini telah dilakukan pada tanggal 28 September 2018 dari daerah

Lembang yang merupakan daerah tinggi di pinggiran Cekungan Bandung, sehingga dapat diperoleh hasil visual yang jelas. Pengamatan visual *smog* fotokimia dapat dilihat pada Gambar 6. Selama pengamatan cuaca cerah, dan intensitas radiasi matahari cukup tinggi untuk membentuk *smog* fotokimia. Warna keruh kemerahan menunjukkan *smog* fotokimia dan sedikit warna putih menunjukkan adanya *smog*.

Secara visual *smog* yang bercampur dengan *smog* fotokimia pada pagi hari terlihat berwarna keruh mengendap pada lapisan permukaan dikarenakan pada pagi hari terjadi lapisan inversi (Gambar 5a). Lapisan inversi pada pagi hari pukul 08:00 ini terlihat baik dari pola diurnal kejadian inversi model TAPM pada musim kemarau juga dari hasil pengamatan secara *in situ* dengan *drone* yang memperlihatkan adanya inversi kuat pada peluncuran pukul 07:11 WIB.

Pada pukul 09:00 WIB *smog* fotokimia terlihat terangkat naik, dan jika dilihat dari model TAPM, pada pukul 09:00 WIB di permukaan tidak ada lapisan inversi, hanya saja pada ketinggian sekitar 400 m di atas permukaan tanah ada lapisan udara sangat stabil mendekati inversi. Pada pengamatan dengan *drone* pukul 08:56 WIB lapisan inversi lemah terjadi pada lapisan

dengan ketinggian sekitar 320 m di atas permukaan tanah. Profil temperatur pukul 08:58 WIB ini mirip dengan pukul 09:41 WIB. Pada kondisi profil temperatur seperti ini, *smog* fotokimia mulai terdispersi ke atas, tetapi masih terhalang lapisan sangat stabil sehingga membentuk *smog* fotokimia yang pekat di lapisan udara ini (Gambar 5b).



Gambar 5. Pengendapan dan pengenceran *smog* fotokimia di Cekungan Bandung yang dipengaruhi oleh profil temperatur

Dari model pola diurnal kejadian inversi, mulai pukul 11:00 sampai sore hari tidak terlihat lagi adanya lapisan inversi pada musim kemarau. Pengamatan dengan *drone* pada pukul 11:36 juga menunjukkan profil temperatur yang tidak stabil. Jadi dapat dikatakan bahwa secara harian pada pukul 11:00 merupakan waktu *breakup of temperatur inversion* (BTI) atau hilangnya lapisan inversi. *Breakup of temperatur inversion* dapat terjadi karena dua faktor yaitu *konvektif boundary layer* yaitu *boundary layer* yang mengalami pertumbuhan ke atas dan adanya aliran udara panas dari dinding topografi yang menggantikan udara dingin di daerah pusat Cekungan Bandung^(1,18).

BTI pada daerah urban dengan topografi miring, seperti daerah lembah, cekungan, atau kaki gunung menjadi hal penting dalam kajian lapisan inversi sejak lama^(19,20,21). Daerah urban dengan topografi berbentuk cekungan memiliki sumber polutan yang tinggi sementara ada keterbatasan ventilasi untuk proses penyebaran ke daerah yang jauh dan luas^(20,22), yang secara visual fenomena ini nampak sebagai kabut sebagaimana teramati di daerah Cekungan Bandung. Ketika tidak ada inversi polutan dapat terangkat, terlihat pada Gambar 5.c *smog* fotokimia terdispersi secara vertikal dengan baik. Pada kondisi ini polutan di Cekungan Bandung mampu menembus penghalang dinding topografi yang tinggi dan polutan udara dapat tersebar jauh meninggalkan sumbernya, yaitu Cekungan Bandung

Waktu setelah terjadi BTI sampai terbentuk lapisan inversi kembali inilah saat yang tepat bagi

daerah dengan topografi berbentuk cekungan seperti Bandung untuk melepaskan polutan udaranya. Pengamatan visual setelah pukul 11:00 *smog* fotokimia membubung ke atas. Hal itu menunjukkan bahwa polutan di Cekungan Bandung yang sebelumnya mengendap pada permukaan terangkat ke atas, dan selanjutnya terjadi *long-range transport* polutan, sehingga polutan terdispersi dalam cakupan yang lebih luas⁽²³⁾. Jadi waktu BTI ini merupakan kesempatan untuk melepaskan polutan udara ke lingkungan yang lebih luas. Waktu BTI dapat diaplikasikan untuk pelepasan polusi udara dari kegiatan yang waktu emisi polutan udaranya dapat dijadwalkan seperti sektor industri dan pembakaran sampah, sehingga tidak menghasilkan konsentrasi *smog* dan *smog* fotokimia yang pekat di level permukaan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan model TAPM, karakteristik lapisan inversi di Cekungan Bandung pada musim hujan lebih kuat dan lebih lama dari pada musim kemarau, yang diduga karena tekanan permukaan yang tinggi dan temperatur yang lebih rendah pada musim hujan. Kejadian inversi terjadi secara persisten pada malam hari pada level permukaan dan lapisan inversi mulai naik pada pagi hari dan akhirnya terjadi *break of temperatur inversion* pada siang hari, pukul 10:00 WIB pada musim kemarau dan pukul 12:00 WIB pada musim hujan. Validasi dilakukan dengan pengukuran *in situ* pada musim yang sama dan waktu yang berbeda dengan menggunakan wahana *drone* dan dari kajian sebelumnya yang

menggunakan wahana balon stratosfer menunjukkan kemiripan pola. Kejadian inversi ini berkorelasi dengan pengendapan dan pengenceran polutan *smog* dan *smog* fotokimia dari pinggiran Cekungan Bandung, yang mana pada pagi hari ketika terjadi inversi pada permukaan terlihat warna keruh dan pada siang hari warna keruh mulai naik kemudian menyebar secara vertikal seiring dengan terjadinya *breakup of temperature*.

PERSANTUNAN

Terima kasih kami ucapkan kepada PSTA LAPAN yang telah mendanai penelitian ini serta kepada Universitas Telkom yang telah memberi izin lokasi untuk penelitian. Terima kasih juga kami sampaikan pada Ibu Tuti Budiwati, Agit dan Indra yang telah membantu penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- Mohammadi, H., Cohen, D., Babazadeh, M., & Rokni, L. (2012). The effects of atmospheric processes on Tehran smog forming. *Iranian journal of public health*, 41(5), 1.
- Polivka, B. J. (2018). The Great London Smog of 1952. *AJN The American Journal of Nursing*, 118(4), 57-61.
- Hallquist, M., Munthe, J., Hu, M., Wang, T., Chan, C. K., Gao, J., ... & Moldanova, J. (2016). Photochemical smog in China: scientific challenges and implications for air-quality policies. *National Science Review*, 3(4), 401-403.
- Rappenglück, B., Oyola, P., Olaeta, I., & Fabian, P. (2000). The evolution of photochemical smog in the Metropolitan Area of Santiago de Chile. *Journal of Applied Meteorology*, 39(3), 275-290.
- Zhang, B. N., & Oanh, N. K. (2002). Photochemical smog pollution in the Bangkok Metropolitan Region of Thailand in relation to O₃ precursor concentrations and meteorological conditions. *Atmospheric Environment*, 36(26), 4211-4222.
- Yushkov, V. P., & Kouznetsova, I. N. (2008). Comparison of nocturnal inversion characteristics obtained by sodar and microwave temperature profiler. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1, No. 1, p. 012047). IOP Publishing.
- Largerion, Y., & Staquet, C. (2016). Persistent inversion dynamics and wintertime PM₁₀ air pollution in Alpine valleys. *Atmospheric Environment*, 135, 92-108.
- Sumaryati. (2011). Polusi Udara di Kawasan Cekungan Bandung, *Berita Dirgantara Vol 12* (3), 83-89
- Soedomo, M. (2001). *Pencemaran Udara Bandung* : Penerbit ITB.
- Suhadi, D. R., Awang, M., Hassan, M. N., Abdullah, R., & Muda, A. H. (2005). Review of photochemical smog pollution in Jakarta Metropolitan, Indonesia. *Am J Environ Sci*, 1(2), 110-118.
- Tanti, D. A., Budiwati, T., & Sumaryati, S. (2019). Prediksi Konsentrasi Nitrogen Oksida (NO, NO_x) Ambien dengan Menggunakan Konsentrasi NO₂ Dan O₃ Dari Passive Sampler (Studi Kasus: Cipedes, Bandung). *Jurnal Sains Dirgantara*, 16(2), 91-104.
- Bendl, J., & Hovorka, J. (2017). Temperature and Relative Humidity Vertical Profiles within Planetary Boundary Layer in Winter Urban Airshed. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 95, No. 5, p. 052003). IOP Publishing.
- Naf, M. Z. T., & Hernawati, R. (2018). Analisis Fenomena UHI (Urban Heat Island) Berdasarkan Hubungan Antara Kerapatan Vegetasi Dengan Suhu Permukaan (Studi Kasus: Kota Bandung, Jawa Barat). *Indonesian Journal of Geospatial*, 7(1), 25-36.
- Tursilowati, L. (2010). Pulau panas perkotaan akibat perubahan tata guna dan penutup lahan di bandung dan bogor. *Jurnal Sains Dirgantara*, 3(1).
- Sumaryati. 2007. Penetapan Beban Emisi Maksimum CO di Kawasan Industri Dayeuh Kolot. Tesis, ITB
- Wikandari, N. P. I., Assomadi, A. F., & Santoso, R. B. (2015). Penentuan Korelasi Perubahan Kecepatan Angin dan Kekuatan Radiasi terhadap Ketinggian Lapisan Inversi dan Hubungannya dengan Kualitas Udara Ambien Kota Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), F120-F124.
- Nodzu, M. I., Ogino, S. Y., Tachibana, Y., & Yamanaka, M. D. (2006). Climatological description of seasonal variations in lower-tropospheric temperature inversion layers over the Indochina Peninsula. *Journal of climate*, 19(13), 3307-3319.
- Yushkov, V. P., & Kouznetsova, I. N. (2008, May). Comparison of nocturnal inversion characteristics obtained by sodar and microwave temperature profiler. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1, No. 1, p. 012047). IOP Publishing.

19. Rendón, A. M., Salazar, J. F., Palacio, C. A., & Wirth, V. (2015). Temperature inversion breakup with impacts on air quality in urban valleys influenced by topographic shading. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 54(2), 302-321.
20. Rendón, A. M., Salazar, J. F., Palacio, C. A., Wirth, V., & Brötz, B. (2014). Effects of urbanization on the temperature inversion breakup in a mountain valley with implications for air quality. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 53(4), 840-858.
21. Whiteman, C. D. (1982). Breakup of temperature inversions in deep mountain valleys: Part I. Observations. *Journal of Applied Meteorology*, 21(3), 270-289.
22. Leukauf, D., Gohm, A., Rotach, M. W., & Wagner, J. S. (2015). The impact of the temperature inversion breakup on the exchange of heat and mass in an idealized valley: Sensitivity to the radiative forcing. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 54(11), 2199-2216.
23. Sumaryati. (2016). Potensi Long-range Transport Polutan Udara dari Cekungan Bandung. *Prosiding SNSA 2016* -ISBN: 976-602-6465-05-4