

APLIKASI WRPLOT UNTUK MENGGAMBARKAN CONCENTRATION ROSE SEBAGAI KAJIAN DISTRIBUSI PM10 DI CEKUNGAN BANDUNG

Sumaryati

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer - LAPAN
e-mail: sumary.bdg@gmail.com, sumaryati@lapan.go.id

ABSTRAK

Topografi Cekungan Bandung yang berbentuk cekungan seperti mangkuk, berpotensi menghalangi polutan tersebar keluar dari Cekungan Bandung. Bagaimana peran topografi dalam Cekungan Bandung membentuk *concentration rose* PM10 dikaji di Cekungan Bandung. *Concentration rose* menunjukkan datangnya arah angin yang membawa PM10 dengan konsentrasi tertentu. *Concentration rose* menunjukkan dari arah mana polutan dengan konsentrasi tertentu berasal. Pemantauan PM10 dan arah angin dilakukan di lima lokasi, yaitu Dago, Tirtalega, Batununggal, Ariagraha, dan Cisaranten dari tahun 2000-2003 oleh BLH Kota Bandung. *Concentration rose* digambarkan dengan perangkat MS excel dan WRPLOT 7.0.0 dengan mengganti parameter kecepatan angin dengan konsentrasi PM10. Hasil menunjukkan bahwa terlihat adanya *downwash* oleh topografi pada pengamatan di Dago yang posisinya dekat bukit. Kejadian *downwash* ini terlihat dengan adanya dominasi arah angin yang berasal dari bukit dan konsentrasi PM10 yang tinggi. Di lokasi lain yang letaknya di daerah pusat Cekungan Bandung dan relatif jauh dari topografi yang tinggi tidak nampak adanya kejadian *downwash*, dan pengaruh angin gunung atau angin lembah terhadap angin global lemah.

Kata-kata kunci: *concentration rose*, PM10, *downwash*, cekungan

ABSTRACT

Bandung Basin terrain that is shaped like a bowl, potentially trapped air pollution dispersion out of the Bandung Basin. How the terrain of Bandung Basin forms PM10 concentration rose studied in this paper. Concentration rose shows the direction of the wind blowing from which brings a certain concentration of PM10. Monitoring of PM10 and wind direction carried out in five locations, i.e. Dago, Tirtalega, Batununggal, Ariagraha, and Cisaranten during 2000-2003 by BLH Bandung District. Concentration rose presented using the MS excel and WRPLOT 7.0.0 software by changing the parameter of wind speed with PM10 concentrations for WRPLOT. The results showed that there

is a downwash by high terrain in Dago monitoring that the location is in the slope of Bandung Basin hill. The downwash event is shown by the dominance of wind direction blowing from and the high PM10 concentration. In another locations those are located in the center of Bandung Basin area and the distance far from the high terrain relatively does not appear any downwash events, and the effect of the mountain or valley breeze to global circulation winds is weak.

Keywords: concentration rose, PM10, downwash, basin

1 PENDAHULUAN

Bandung sebagai kota besar dengan aktivitas pada sektor transportasi yang sangat padat dan terdapat beberapa kawasan industri di pinggiran kota Bandung, menghasilkan banyak polutan yang salah satunya adalah PM10, atau *particulate matter* (PM) adalah salah satu polutan berupa zat padat dengan ukuran diameter aerodinamik kurang dari 10 μ m. Partikulat salah satu bentuk polutan udara yang berupa zat padat. Dari PM10 ini masih bisa dibagi lagi menjadi dua jenis yaitu *coarse particle* (partikulat kasar) dengan ukuran 2,5 – 10 μ m dan *fine particle* (partikulat halus) dengan ukuran kurang dari 2,5 μ m atau sering disebut PM2.5.

PM10 berpotensi mengganggu kenyamanan dan kesehatan. Partikulat yang di atmosfer dapat mengurangi jarak pandang dan iritasi pada mata. Tingkat bahaya partikular meningkat dengan ukuran partikular yang semakin kecil. Semakin kecil ukuran partikel semakin besar kemampuannya menembus sistem pernafasan dan berakumulasi dalam sistem pernafasan (USEPA, 2014, Zannaria, 2009).

Bandung merupakan dataran tinggi dengan topografi berbentuk cekungan. Meskipun bentuk cekungannya tidak sempurna seperti cekungan bola, topografi yang tinggi di pinggiran Bandung berpotensi menjadi penghalang bagi polutan yang dihasilkan dari kota Bandung untuk tersebar secara luas. Dataran tinggi di pinggiran Bandung ini berpotensi menyebabkan kejadian *downwash* (Sumaryati, 2007) yang menyebabkan konsentrasi polutan, dalam hal ini PM10 tinggi di daerah lereng gunung, meskipun daerah itu tidak ada sumber emisi yang dekat.

Untuk menggambarkan besarnya konsentrasi PM10 dari berbagai arah ditampilkan dalam bentuk *concentration rose*. Tampilan *concentration rose* dapat berupa rata-rata konsentrasi setiap jenis polutan pada setiap arah mata angin yang dipilih (Al Salem dan Khan, 2008, Kassomenos dkk., 2011) ada pula yang menggambarkan besarnya beberapa interval konsentrasi setiap jenis polutan pada setiap arah mata angin yang dipilih (Al Harbi, 2014). Dalam tulisan ini dibuat *concentration rose* dengan dua bentuk *concentration rose* di atas dengan mengaplikasikan perangkat *MS Excel* dan *WRPLOT* yang dapat diunduh bebas dari <http://www.weblakes.com/download/freeware.html>. *WRPLOT* asalnya digunakan untuk menggambarkan *wind rose*, tetapi dalam tulisan ini dicoba untuk menggambarkan *concentration rose* dengan mengganti parameter kecepatan angin menjadi konsentrasi PM10.

2 DATA DAN METODOLOGI

2.1 Data

PM10 dan arah angin diperoleh dari monitoring yang dilakukan oleh BPLHD Kota Bandung pada lima lokasi dari tahun 2000-2003. Data dalam kurun waktu tersebut yang paling lengkap di Bandung.

2.2 Metodologi

Penggambaran *concentration rose* menggunakan perangkat *WRPLOT* dan *Excel*. Pada prinsipnya *WRPLOT* 7.0.0 digunakan untuk menggambarkan *windrose*, untuk menggambarkan *concentration rose* parameter kecepatan angin diganti dengan konsentrasi polutan, dan pilihan arah mata angin sebanyak 16 buah. Penggambaran *concentration rose* dengan *MS Excel*, dilakukan dengan mengelompokkan data setiap dalam 16 arah mata angin, sehingga diperoleh data arah mata angin dan konsentrasi rata-rata polutan pada arah tertentu. Arah mata angin dan besarnya sudut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Arah mata angin dan besarnya sudut.

No	Arah mata angin	Besarnya sudut
1	Utara (U)	348,75 - 1125
2	Utara timur laut (UTL)	11,25 - 33,75
3	Timur laut (TL)	33,75 - 56,25
4	Timur timur laut (TTL)	56,25 - 78,75
5	Timur (T)	78,75 - 101,25
6	Timur tenggara (TTg)	101,25 - 123,75
7	Tenggara (Tg)	123,75 - 146,25
8	Selatan Tenggara (STg)	146,25 - 168,75
9	Selatan (S)	168,75 - 191,25
10	Selatan barat daya (SBD)	191,25 - 213,75
11	Barat daya (BD)	213,75 - 236,25
12	Barat barat daya BBD)	236,25 - 258,75
13	Barat (B)	258,75 - 281,25
14	Barat barat laut (BBL)	281,25 - 303,75
15	Barat laut (BL)	303,75 - 326,25
16	Utara barat laut (UBL)	326,25 - 348,75

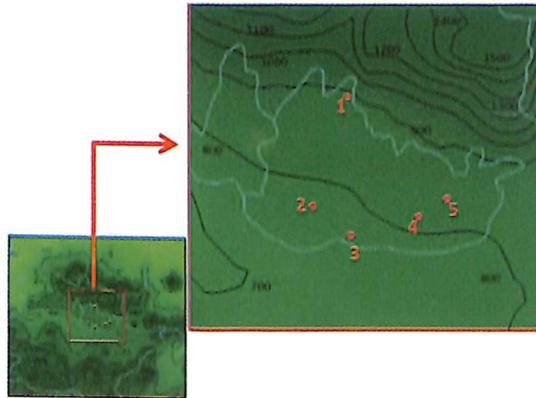
Analisis *concentration rose* dikaitkan dengan topografi di Bandung yang berbukit-bukit membentuk cekungan. Topografi digambarkan dari TAPM (*The Air Pollution Model*).

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

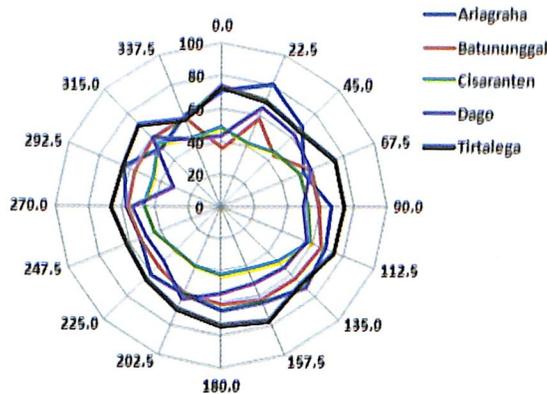
3.1 Hasil

Bandung yang sering disebut dengan istilah Cekungan Bandung merupakan daerah tinggi dengan topografi berbentuk cekungan. Cekungan Bandung sendiri didefinisikan sebagai daerah yang dibatasi oleh permukaan tanah yang tertinggi, sehingga jika ada hujan limpasan air hujan tersebut akan mengalir ke arah pusat Cekungan Bandung (Sumaryati, 2007). Gambar 1 di bawah bukan topografi Cekungan Bandung, tetapi topografi yang menggambarkan lokasi sekitar *monitoring*, yang berada dalam Cekungan Bandung. Topografi diambil dari data topografi pada program TAPM. Dari gambar topografi terlihat bahwa bentuk cekungannya tidak bulat seperti bola, tetapi berbentuk agak lonjong ke arah barat dan timur. Sebelah barat dan timur Cekungan Bandung ada dataran rendah, yang seolah celah untuk aliran udara dari dari dan keluar Cekungan

Bandung.



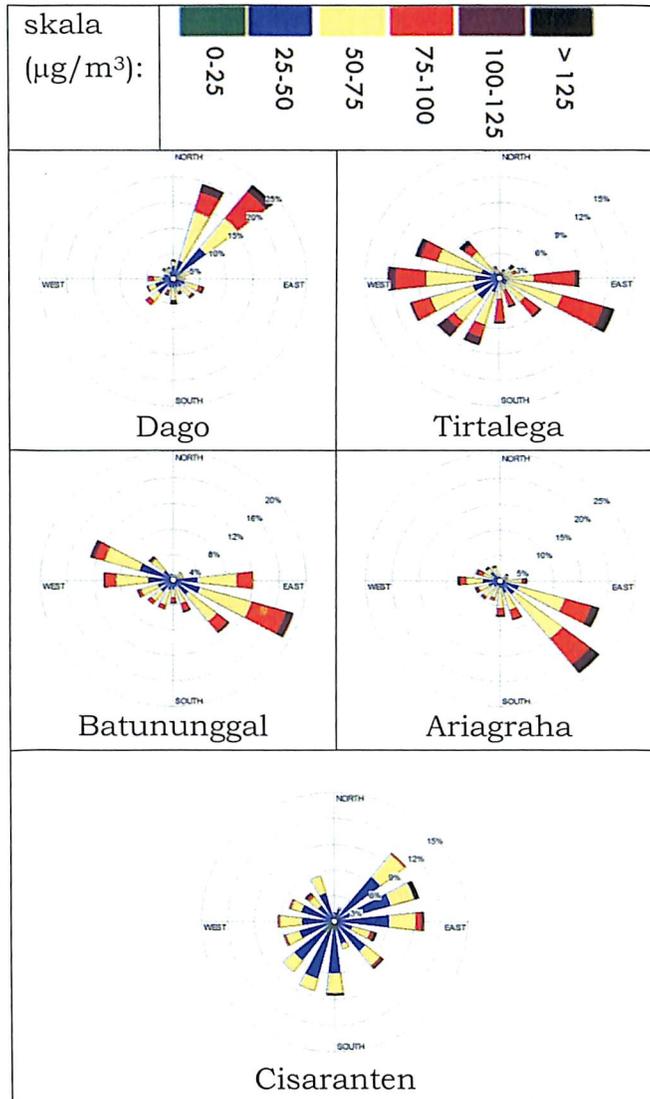
Gambar 1. Lokasi monitoring dan Topografi Bandung (warna gelap menunjukkan topografi yang semakin tinggi, garis hitam: kontur topografi, garis biru muda: batas administrasi, titik merah: lokasi pengamatan: 1: Dago, 2 Tirtalega, 3 Batununggal, 4: Ariagraha, 5: Cisaranten).



Gambar 2. Concentration rose PM10 di lima lokasi.

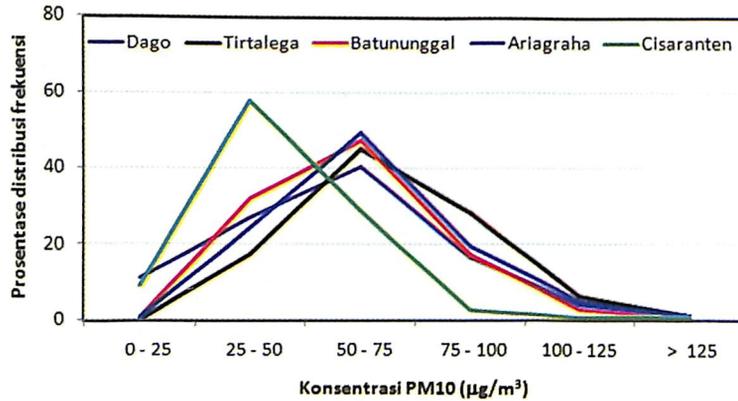
Penggambaran *concentration rose* dengan mengaplikasikan perangkat *MS Excel* dan *WRPLOT*. Keuntungan dengan aplikasi *MS Excel*, data pada semua lokasi dapat digambarkan dalam satu gambar, sehingga bisa membandingkan nilainya pada semua lokasi (Gambar 2). Kelemahannya, *concentration rose* di sini hanya menyajikan rata-rata konsentrasi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), tetapi tidak menyajikan besarnya frekuensi arah mata angin yang membawa polutan dan interval konsentrasi polutan yang dibawa. *Concentration rose* yang lebih jelas untuk lima lokasi pengamatan

dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Concentration rose tiap lokasi pengamatan.

Dari kedua *concentration rose* di atas, dapat digambarkan prosentase distribusi frekuensi konsentrasi PM10 untuk interval konsentrasi sebagaimana digambarkan dalam *concentration rose* (Gambar 3).



Gambar 4. Distribusi frekuensi konsentrasi PM10.

3.2 Pembahasan

Selain ukuran partikulat, tingkat bahaya partikulat juga dipengaruhi unsur pembentuk partikulat tersebut. Menurut analisa kimia partikulat yang disampling di beberapa lokasi di Bandung oleh Zannaria (2009), partikulat terdiri dari unsur-unsur berikut: Br, Mn, Al, I, V, Cl, Na, Pb, Hg, *black carbon* (BC). Partikel tersebut berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, kegiatan industri, pembakaran biomasa, debu jalanan, dan pembakaran sampah.

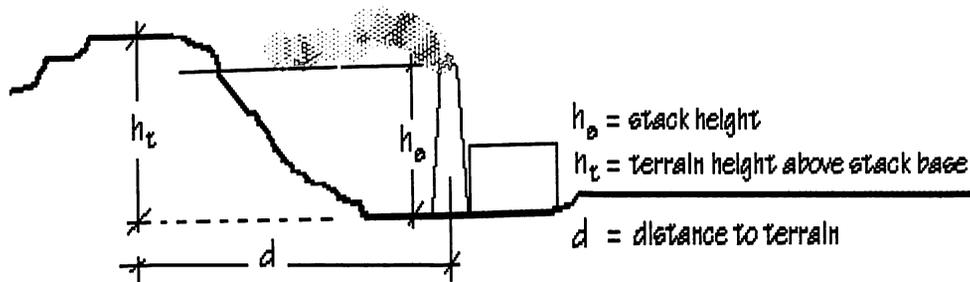
Partikulat di atmosfer dapat dibersihkan dari atmosfer melalui proses pencucian oleh air hujan dan jatuh karena tarikan gravitasi, yang mana kecepatan jatuh partikulat akan lebih cepat untuk partikulat berdimensi besar dan kondisi lembab (Sumaryati, 2009). Selain itu beberapa jenis tanaman mampu mengikat partikulat di atmosfer, dan efektivitasnya lebih besar untuk partikulat yang berdimensi besar (Sciencedaily, 2014). Oleh karena itu semakin kecil ukuran partikulat selain semakin berbahaya, lama tinggalnya di atmosfer juga lebih panjang.

Dari prosentase distribusi frekuensi konsentrasi PM10 (Gambar 4) hasil monitoring di Cekungan Bandung, terlihat bahwa konsentrasi PM10 di Cisaranten paling bersih dengan frekuensi terbesar pada konsentrasi antara $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sampai $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan di empat lokasi yang lain hampir sama, dengan frekuensi terbesar pada konsentrasi antara $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sampai $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kondisi terkotor pada tiga lokasi, yaitu Tirtalega, Batununggal, dan Ariagraha, yang mana distribusi

konsentrasi PM10 untuk konsentrasi kurang dari $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kurang dari 1 %.

Kelima lokasi pengamatan, tampak lokasi pengamatan di Dago yang berada di dekat lereng Cekungan Bandung bagian utara. Lokasi Dago yang berada pada ketinggian 900 m di atas permukaan laut dan sebelah utaranya berupa pegunungan tinggi mencapai sekitar 2000 m di atas permukaan laut, berpotensi terjadi kejadian *downwash* polusi udara. Untuk mengetahui ada efek *downwash* dapat dilihat bagaimana distribusi frekuensi dan konsentrasi polutan pada setiap arah mata angin.

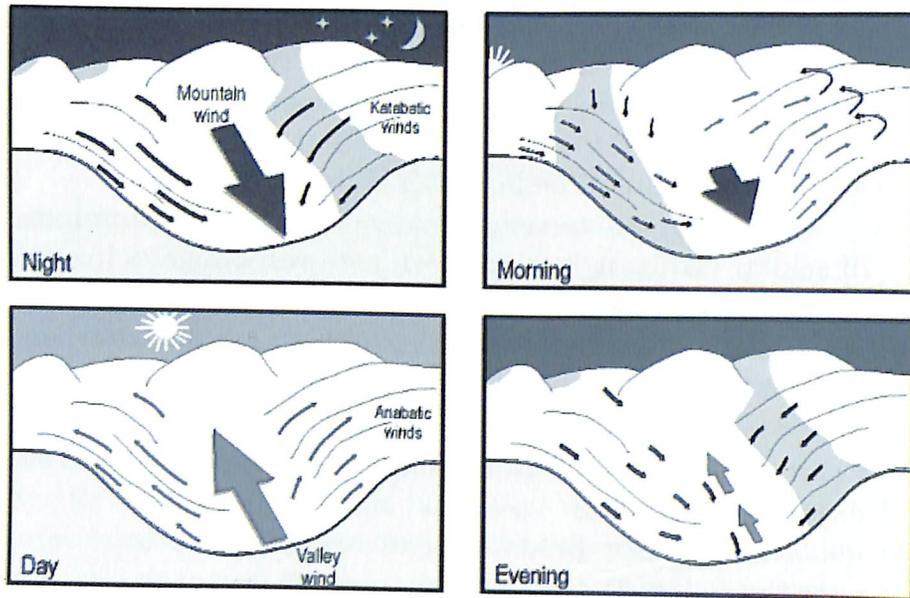
Kejadian *downwash* biasanya disebabkan bangunan gedung di sekitar cerobong industri atau oleh cerobongnya itu sendiri jika cerobong itu cukup besar, dan juga bisa terjadi oleh topografi yang tinggi (Liu dan Liptak, 1997). *Downwash* terjadi karena adanya turbulensi oleh gedung, sehingga konsentrasi polutan di balik gedung tinggi. Kemungkinan kejadian *downwash* di Cekungan Bandung oleh dinding topografi yang secara sederhana dapat digambarkan sebagai berikut (Gambar 5). Kejadian *downwash* dapat dilihat dengan besarnya frekuensi arah angin yang berasal dari arah perbukitan, yaitu dari arah UTL dan TL.



Gambar 5. Skema *downwash* oleh dinding topografi (sumber: http://www.scientificsoftwaregroup.com/pages/detailed_description.php?products_id=106).

Arah angin pada lokasi pengamatan di Dago dominan berasal dari UTL dan TL (Gambar 1). Dominan arah angin tersebut dapat dijelaskan dengan Gambar 6. Dari gambar ini terlihat pada sore sampai malam terjadi angin gunung, siang hari angin lembah, sedangkan pada pagi hari ada angin gunung dan

lembah. Kasus di Dago bisa dijelaskan bahwa pada sore sampai pagi arah angin berasal dari bukit yang terdekat yang berada di sebelah utara timur laut sampai timur laut, dan hanya siang hari terjadi angin lembah yang menuju ke bukit.



Gambar 6. Skema angin di Cekungan

(Sumber:

<http://www.airqualitylekgotla.co.za/assets/book-b.7-dispersion-and-topographical-effectsoc.pdf>)

Distribusi frekuensi konsentrasi PM10 sesuai arah angin di Dago (Tabel 2) menunjukkan bahwa angin yang berasal dari UTL dan TL membawa konsentrasi PM10 bervariasi dari (0-25) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sampai $>125 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Daerah sebelah utara timur laut sampai timur laut Dago merupakan bagian dari kawasan Bandung Utara yang pemukimannya tidak padat, aktivitas transportasi rendah, serta bukan kawasan industri. Distribusi frekuensi yang tertinggi pada konsentrasi (50-75) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ seperti yang terjadi di lokasi pengamatan Ariagraha, Batununggal, dan Tirtalega, yang merupakan lokasi terkotor pada lima lokasi pengamatan. Oleh karena itu kesamaan distribusi frekuensi di Dago dari arah UTL dan TL dengan daerah Ariagraha, Batununggal, dan Tirtalega diduga karena adanya kontribusi dari daerah pusat Cekungan

Bandung karena adanya *downwash* topografi yang lebih tinggi yang berperan seperti pemantul.

Tabel 2. Konsentrasi PM10 di Dago.

No	Arah angin	Konsentrasi PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
		0 - 25	25 - 50	50 - 75	75 - 100	100 - 125	≥ 125
1	U	1,01	1,51	1,01	0,00	0,25	0,00
2	UTL	0,50	3,27	10,05	4,02	1,51	0,00
3	TL	2,26	5,53	7,54	6,78	1,01	0,50
4	TTL	0,25	0,25	2,76	0,50	0,25	0,00
5	T	0,25	0,25	1,76	0,00	0,00	0,00
6	TTg	0,75	1,51	2,76	0,75	0,25	0,00
7	Tg	0,75	1,26	2,51	0,25	0,25	0,00
8	STg	1,01	0,75	1,01	0,25	0,00	0,25
9	S	0,50	1,26	2,51	0,25	0,25	0,25
10	SBD	0,50	1,26	0,75	0,75	0,25	0,00
11	BD	0,75	3,02	2,01	1,01	0,00	0,00
12	BBD	0,25	3,27	1,51	0,25	0,00	0,00
13	B	0,50	1,51	1,76	1,01	0,00	0,00
14	BBL	1,01	0,75	0,25	0,00	0,00	0,00
15	BL	0,00	0,75	1,51	0,50	0,00	0,00
16	UBL	0,75	0,75	0,75	0,25	0,00	0,00

Empat lokasi pengamatan selain Dago yang relatif jauh dari perbukitan arah angin bervariasi hampir 360° yang menunjukkan adanya pengaruh angin gunung tetapi tidak sekuat di daerah Dago.

4 KESIMPULAN

Kajian PM10 dengan menggunakan *concentrator rose* menunjukkan adanya kejadian *downwash* di daerah Dago yang merupakan salah satu bagian dari lereng Cekungan Bandung. Kejadian ini menyebabkan PM10 yang berasal dari daerah rendah Cekungan Bandung terpantul balik kembali di dalam daerah Cekungan Bandung, sehingga konsentrasi di daerah lereng perbukitan yang membentuk Cekungan Bandung tetap tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Air Pollution Dispersion and Tropoghraphical Effect
<http://www.airqualitylekgotla.co.za/assets/book-b.7-dispersion-and-topographical-effectsoc.pdf>, akses Juli 2014
- Al Harbi, M., 2014: Assessment of Air Quality in two Different Urban Localities. *Int. J. Environ. Res.*, **8(1)**:15-26, Winter 2014
- Al-Salem, S.M dan A R. Khan, 2008: Comparative assessment of ambient air quality in two urban areas adjacent to petroleum downstream/ upstream facilities in Kuwait. *Brazilian Journal of Chemistry Engineering*, **25**, no.4 São Paulo Oct./Dec. 2008
<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-66322008000400006>
- Kassomenos P.A., A. Kelessis, A.K. Paschalido, dan M. Petrakakis, 2011: Identification of Source and Processes affecting particulate pollution in Thessaloniki, Greece. *Journal Atmospheric Environment*, doi: 10.1016/j.atmosenv.2011.08.034
- Lakes Environmental <http://www.weblakes.com/download/freeware.html>. Akses Mei 2014
- Liu D.H.F, dan B. G. Liptak, 1997: Environmental Engineers' Handbook. **2**, pp:285-287
- Science daily, Urban trees remove fine particulate air pollution, save lives, June 19, 2013. <http://www.sciencedaily.com/releases/2013/06/130619164708.htm>
- Scientific software group. http://www.scientificsoftwaregroup.com/pages/detailed_description.php?products_id=106, akses Mei 2014
- Sumaryati, 2007: Judul tesis Tesis, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan: Institut Teknologi Bandung
- Sumaryati, 2009: Efektifitas Air Hujan dan Kelembaban Udara terhadap Pembersihan PM10 di Cekungan Bandung.
- USEPA, PM10 NAAQS Implementation, http://www.epa.gov/ttn/naaqs/pm/pm10_index.html, 2 Juni 2014
- Zannaria, N.D., D. Roosmini, M. Santosa., 2009: Karakteristik Kimia Paparan partikulat terespirasi. *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia*, **IX**, No. 1, Februari: (37-50).