

FENOMENA HUJAN ASAM DI CEKUNGAN DAN TEPI CEKUNGAN BANDUNG

Tuti Budiwati, Wiwiek Setyawati, Dyah Aries Tanti, dan Asri Indrawati
e-mail: tuti_lapan@yahoo.com

Ringkasan

Gas NO_2 dan SO_2 adalah prekursor hujan asam dalam bentuk senyawa nitrat dan sulfat. Pengukuran gas-gas tersebut di udara ambien dilakukan dengan menggunakan *passive sampler* secara bulanan di Cekungan Bandung yang terdiri dari daerah *urban* yaitu Kota Bandung pada enam lokasi dan daerah *rural* di Tepi Cekungan Bandung pada tujuh lokasi. Pada lokasi yang sama dilakukan juga *sampling* air hujan secara harian. Selanjutnya sampel gas NO_2 dan SO_2 bulanan dan air hujan harian dianalisa di laboratorium Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Pada sebagian besar lokasi, NO_2 dan SO_2 mencapai puncaknya di musim September, Oktober, November dan nilai rendah di musim Desember, Januari, Februari. Kualitas udara yang buruk diindikasikan dengan konsentrasi NO_2 dan SO_2 tinggi, dimana salah satu dampaknya berupa hujan asam. Adapun potensi hujan asam dengan derajat keasaman tinggi atau dengan nilai pH rendah terjadi di daerah padat transportasi dengan nilai konsentrasi SO_2 dan NO_2 tinggi. Daerah tersebut berada di kota Bandung yaitu Martadinata, Kebon Kalapa, Cipedes dan Kopo.

PENDAHULUAN

Transportasi merupakan sarana yang memudahkan lancarnya perdagangan, pergerakan kebutuhan bahan dan produk industri, pergerakan manusia untuk beraktivitas maupun wisata, tetapi bila melebihi batas ternyata menimbulkan masalah pula. Dampak selain kemacetan yang dapat ditimbulkannya, transportasi juga berpotensi meningkatkan emisi gas buang kendaraan, seperti SO_2 , NO_x , CO , CO_2 , CH_4 , NMHC, dan O_3 sebagai hasil proses fotokimia. Selain itu dihasilkan partikel-partikel yang di sebut TSP (*Total Suspended Particulate*) dan Pb (timbal).

Emisi gas-gas SO_2 dan NO_2 sebagai hasil dari proses pembakaran bahan bakar minyak akan menimbulkan keasaman lingkungan atmosfer¹. Di daerah industri, nitrogen oksida (NO_x) adalah kontributor terbesar deposisi basah dibandingkan nitrogen yang menjadi bentuk lain. Deposisi

basah dari nitrogen didapati tinggi untuk di Amerika Utara bagian timur, Eropa bagian selatan, India bagian timur laut, Asia bagian tenggara, dan Oceania bagian utara².

Sumber alam yang berupa letusan gunung berapi akan melepaskan HCl, SO₂, HNO₃ dan aerosol gunung berapi (SO₄²⁻). Demikian pula gunung berapi aktif tentunya sepanjang tahun mengeluarkan gas-gas HCl, SO₂, HNO₃ ke atmosfer. Indonesia sebagai negara kepulauan dengan laut yang luas kaya dengan mineral laut, akan melepas partikel seperti NaCl, NH₄Cl, dan Na₂SO₄ ke atmosfer.

Polutan-polutan yang berasal dari transportasi, industri maupun gunung api tersebut akan mengeruhkan atmosfer, sehingga jarak pandang menjadi pendek. Dampak lainnya dapat menimbulkan efek rumah kaca (ERK), sehingga temperatur bumi meningkat. Dampak terhadap kesehatan yaitu sakit saluran pernapasan, keracunan darah oleh Pb dan sebagainya. Sedangkan atmosfer sangat bermanfaat karena berfungsi sebagai (a) bahan mentah untuk berbagai kegiatan manusia, (b) tempat buangan yang menyerap dan mendaur ulang sisa-sisa kegiatan manusia, dan (c) pendukung kehidupan³.

Polutan akan tinggal beberapa waktu di udara dan kemudian musnah terdeposisi, baik deposisi kering maupun deposisi basah^{4,1}. Masalah yang penting lainnya adalah terjadinya hujan asam atau deposisi asam karena proses pembersihan polutan-polutan di atmosfer oleh air hujan. Hal tersebut dapat terjadi di suatu wilayah karena perpindahan massa udara atau awan yang membawa polutan ke suatu wilayah.

CEKUNGAN BANDUNG

Posisi pusat kota Bandung pada koordinat 6° 54' LS, 107° 35' BT, dan pada ketinggian 743 m di atas permukaan laut. Kota Bandung dikelilingi oleh gunung-gunung, seperti G. Burangrang, Tangkuban Perahu dan G. Bukittinggul di sebelah utara, G. Kendeng, G. Masigit, G. Tilu, G. Patuha, G. Waringin, G. Wayang dan G. Malabar yang berderet memanjang di Selatan, dan G. Guntur di Tenggara (Gambar 1) dengan posisi yang sedemikian itu, maka topografi Bandung dikatakan sebagai cekungan Bandung. Kondisi cuaca yang cukup nyaman dengan temperatur rata-rata 26-32 C, curah hujan rata-rata 58-296 mm/bulan⁵ serta letaknya yang tinggi membuat Bandung dikenal sebagai kota yang dingin dan kota bunga dalam hal keindahannya.



Foto Satelit Sinar Citirah Di Sekitar Danau Bandung

(Sumber:www.kaskus.co.id)

Gambar 1. Gambar topografi Cekungan Bandung

Kota Bandung adalah kota dengan lima fungsi yang disandangnya: pusat kegiatan pemerintahan, pusat perdagangan regional Jawa Barat, pendidikan, kebudayaan dan pariwisata, serta sebagai kota industri⁶. Sebagai kota wisata, Bandung menawarkan objek wisata yang terdiri dari wisata belanja, wisata hiburan dan wisata budaya. Selama tahun 2000, kota ini menarik sekitar 1,3 juta wisatawan nusantara dan 106 ribu wisatawan mancanegara, dan mengalami peningkatan kunjungan wisatawan pada tahun 2013 menjadi 1,6 juta⁷.

Berubahnya fungsi kota yang hanya menitikberatkan pada sektor ekonomi ternyata juga beresiko tinggi terhadap perubahan lingkungan. Pembangunan kawasan perdagangan untuk menggantikan kawasan pemukiman telah menimbulkan masalah pula. Hal ini terlihat dari keberadaan *factory outlet* menggantikan pemukiman di Jl. RE. Martadinata, Jl. Otten, Jl. Dipati Ukur dan Jl. Ir. H. Juanda. Pusat perdagangan ini tentunya akan mengundang naiknya kepadatan transportasi pada hari libur maupun bukan hari libur. Kemacetan pun mulai terasa di ruas-ruas jalan perdagangan saat siang sampai sore hari. Sedangkan pada hari libur, hari Sabtu dan Minggu akan kedatangan kendaraan dari Jakarta dan sekitarnya. Ruas-ruas jalan di Bandung berstruktur pendek-pendek sehingga berpotensi untuk macet, dan ruas-ruas jalan ini setiap harinya telah padat oleh kendaraan yang berdomisili di Bandung, terkecuali daerah perumahan.



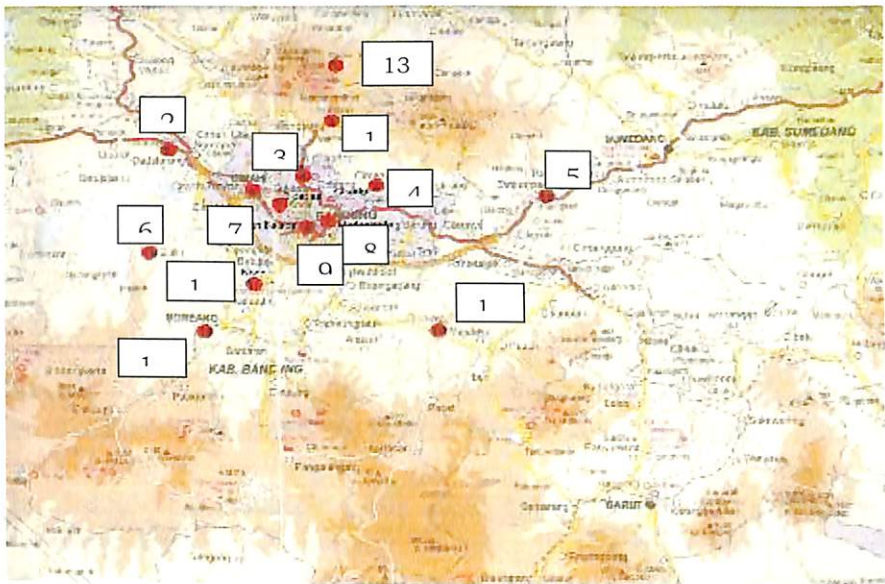
Gambar 2. Kondisi atmosfer kota Bandung yang sudah keruh (29 November 2015)

Dampak peningkatan polutan-polutan hasil gas buang kendaraan dan industri di Bandung telah mengeruhkan atmosfernya, seperti gambar di atas (Gambar 2). Bandung sebagai kota jasa, pariwisata dan perdagangan juga menggeliatkan roda perekonomian di kabupaten Bandung dan sekitarnya, seperti Lembang, Soreang, Ciparay, Padalarang, Tangjungsari, Cililin dan Cikadut (Bandung). Daerah Lembang adalah kota pariwisata dan penghasil pertanian sangat berpotensi dalam peningkatan transportasi. Demikian pula daerah Soreang dan Ciparay sebagai kota penghasil pertanian dan tempat hunian penduduk yang melakukan kegiatan di kota Bandung mulai berkembang dan tentunya akan menaikkan transportasi meskipun tidak sepadat kota Bandung. Daerah Padalarang adalah jalur transportasi Bandung-Jakarta dan sebagai celah di bagian barat Cekungan Bandung. Juga daerah di dekat Bandung yang mulai berfungsi sebagai daerah industri. Tangjungsari dan Cililin sebagai kota pertanian yang mempunyai gunung berapi. Daerah di tepi Cekungan Bandung yang letaknya dekat dengan gunung berapi atau adanya kenaikan transportasi perlu diteliti apakah telah terjadi hujan asam di kawasan tersebut.

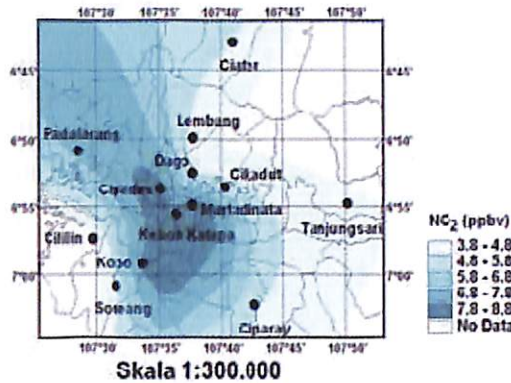
KARAKTERISTIK NO₂ DAN SO₂ DI CEKUNGAN BANDUNG

Untuk mengetahui kondisi atmosfer di Cekungan Bandung maka dilakukan suatu monitoring yang kontinu. Sampel gas dikumpulkan selama satu bulan dan air hujan dikumpulkan setiap hari hujan di kota Bandung dan Tepi Cekungan Bandung. Lokasi sampling terbagi pada

enam lokasi yaitu Kebon Kalapa (Bandung Pusat) adalah daerah transportasi dan perumahan, Dago (Bandung Utara) merupakan daerah perumahan dan bersih, Kopo (Bandung Selatan) mewakili daerah industri garment/ringan dan perumahan, Jl. RE. Martadinata (Bandung Timur) sebagai daerah transportasi dan perumahan, Cikadut (Bandung Timur) sebagai daerah perumahan dan Cipedes (Bandung Barat) sebagai daerah percampuran industri, transportasi dan perumahan. Lokasi Tepi Cekungan Bandung terdiri dari Padalarang, Cililin, Soreang, Ciparay, Tanjungsari, Ciater dan Lembang. Letak lokasi pengukuran di kota Bandung dan kabupaten Bandung dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



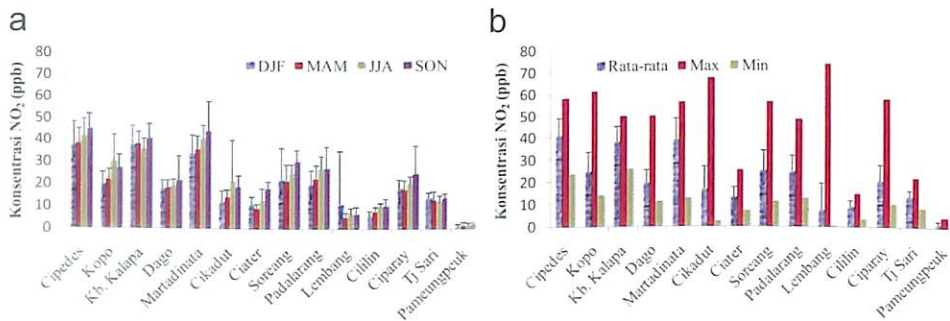
Gambar 3. Lokasi pemantauan hujan asam (tanda bulatan merah)
(1: Lembang, 2: Padalarang, 3: Dago, 4: Cikadut, 5: Tanjungsari, 6: Cililin, 7: Cipedes, 8: Martadinata, 9: Kebon Kalapa, 10: Kopo, 11: Soreang, 12: Ciparay, 13: Ciater)



Sumber: Budiwati dkk, 2008⁸

Gambar 4. Kontur iso konsentrasi rata-rata NO₂ pada 2010 di Cekungan Bandung (Kota dan Kab. Bandung)

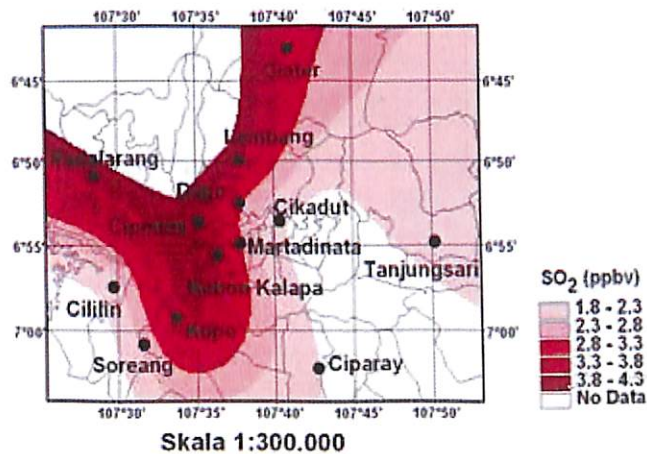
Konsentrasi rata-rata tahunan NO₂ dari 2004 sampai 2006 terlihat lebih tinggi di kota dibandingkan daerah luar kota Bandung, kecuali Padalarang yang merupakan lintasan transportasi dan mulai berkembang menjadi daerah industri di Cekungan Bandung Barat (Gambar 4). Daerah padat transportasi seperti Cipedes, Kebon Kalapa dan Martadinata di kota Bandung mendominasi tingginya kandungan gas-gas polutan tersebut, yaitu dalam kisaran 7,8-8,8 ppbv untuk NO₂. Daerah kota Bandung yang masih relatif rendah di Dago dan konsentrasi rendah didapati di Tanjungsari. Lokasi monitoring di Tanjungsari termasuk daerah pedesaan dengan jumlah transportasi yang sedikit. Hasil penelitian Hamonangan dkk⁹ memperlihatkan konsentrasi NO₂ yang tinggi di pusat kota Jakarta berhubungan dengan jumlah kendaraan yang tinggi pula.



Sumber: Budiwati dan Tanti, 2014¹⁰

Gambar 5: a. Variasi musiman NO₂ (DJF, MAM, JJA, SON) dan b. Nilai rata-rata NO₂ selama 2011-2013 di Cekungan Bandung dan Pameungpeuk

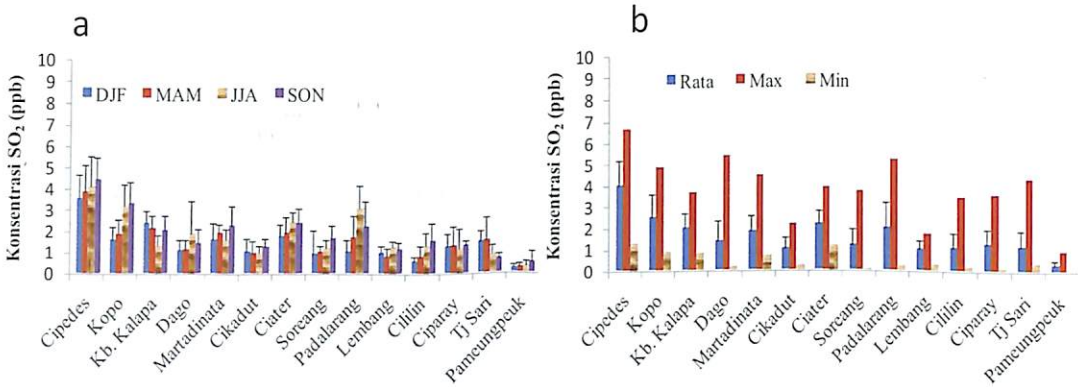
Variasi musiman konsentrasi rata-rata NO_2 tinggi di semua lokasi pada musim SON dibandingkan musim lainnya berturutan seperti JJA, MAM, dan DJF (Gambar 5). Konsentrasi rata-rata NO_2 tinggi pada musim SON yaitu peralihan musim kemarau ke hujan kemungkinan dikarenakan adanya peningkatan transportasi. Konsentrasi rata-rata NO_2 dari 2011 sampai 2013 bervariasi dari $1,72 \pm 1,10$ ppb sampai $40,95 \pm 8,26$ ppb, yang mana variasi terkecil didapati di Pameungpeuk dan terbesar didapati di Cipedes daerah Kotamadya Bandung¹⁰.



Sumber: Budiwati dkk, 2008⁸

Gambar 6. Kontur iso konsentrasi rata-rata SO_2 dari 2004 sampai 2006 di Cekungan Bandung (Kota dan Kab. Bandung)

Berdasarkan Gambar 6 konsentrasi rata-rata SO_2 tinggi di kota dibandingkan daerah luar kota Bandung, kecuali Padalarang yang merupakan lintasan transportasi dan mulai berkembang menjadi daerah industri di Cekungan Bandung Barat. Daerah padat transportasi seperti Cipedes, Kebon Kalapa dan Martadinata di kota Bandung mendominasi tingginya kandungan gas-gas polutan tersebut, yaitu dalam kisaran 3,8-4,3 ppbv untuk SO_2 . Potensi industri pengguna batu bara dan minyak berkadar sulfur tinggi akan sangat besar dalam menyumbangkan SO_2 ke udara¹¹. Selain daerah transportasi, konsentrasi SO_2 yang tinggi di Cekungan Bandung terlihat juga di Lembang dan Ciater. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh dari sumber alam gunung berapi Tangkuban Perahu di Ciater. Gunung berapi sebagai sumber sulfur yang besar berupa gas SO_2 dan H_2S .



Sumber: Budiwati dan Tanti, 2014⁹

Gambar 7. a. Variasi musiman SO_2 (DJF, MAM, JJA, SON) dan b. Nilai rata-rata SO_2 selama 2011-2013

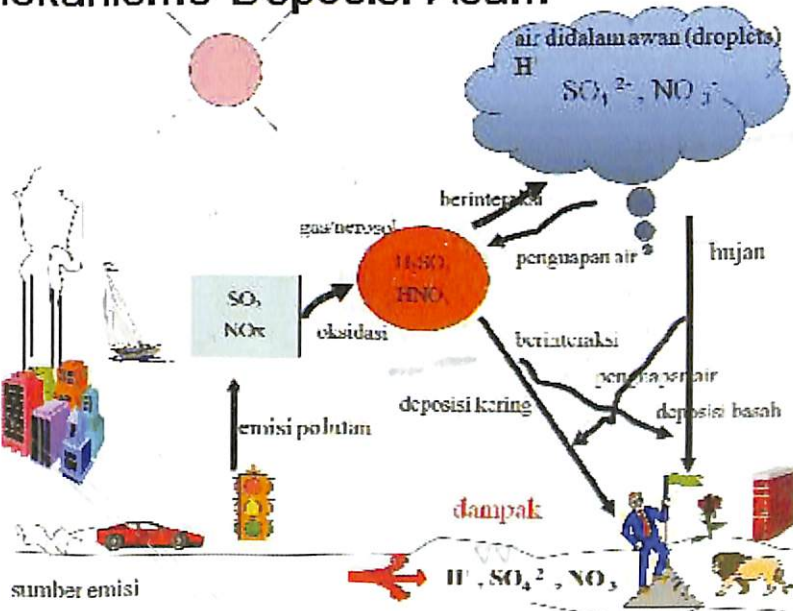
Variasi musiman konsentrasi rata-rata SO_2 terlihat mencapai puncaknya pada musim SON di hampir semua lokasi pada Gambar 7, sama dengan NO_2 . Konsentrasi rata-rata SO_2 mengalami nilai rendah atau mencapai minimum pada musim DJF. Pada musim SON kemungkinan terjadi kegiatan transportasi yang tinggi seperti terlihat di Cipedes, Kopo, Kb. Kalapa, Martadinata, dan Padalarang. Sedangkan di Ciater mempunyai nilai SO_2 yang tinggi karena pengaruh dari gunung berapi Tangkuban Perahu. Konsentrasi rata-rata SO_2 pada 2011-2013 didapati kecil di Pameungpeuk dengan variasi dari $0,33 \pm 0,22$ ppb. Sebaliknya Cipedes daerah Kotamadya Bandung mempunyai konsentrasi tertinggi sampai $4,01 \pm 1,23$ ppb. Hal ini sangat relevan dengan tingginya transportasi yang melintas di Jl. Dr. Djundjunan termasuk wilayah Cipedes.

MEKANISME DEPOSISI ASAM

Untuk mengetahui keasaman air hujan perlu dipelajari sumber-sumber dan mekanisme pembentukan hujan asam (Gambar 8). Pada proses pembakaran bahan bakar fosil, seperti minyak bumi dan batu bara, akan dibebaskan polutan antara lain SO_2 dan NO_x (NO_2) ke atmosfer. SO_2 juga dihasilkan secara alamiah antara lain dari kegiatan gunung berapi. Di atmosfer SO_2 dan NO_x melalui proses fasa gas dan fasa pengenceran akan berubah menjadi senyawa sulfat dan senyawa nitrat¹. Polutan seperti oksida sulfur (SO_2) dan oksida nitrogen (NO_2) melalui reaksi oksidasi akan berubah menjadi SO_3 dan NO_3 , selanjutnya berubah menjadi senyawa sulfat dan senyawa nitrat. Senyawa-senyawa tersebut akan berpindah dari atmosfer ke permukaan bumi melalui presipitasi dan deposisi langsung,

sehingga dikenal deposisi basah dan deposisi kering. Deposisi basah terjadi dengan pembentukan awan dan akhirnya turun sebagai hujan, salju atau kabut yang mengandung asam. Ukuran keasaman ditunjukkan oleh nilai pH air hujan, salju dan kabut tersebut. Deposisi kering ditunjukkan dengan gas dan aerosol yang mengandung unsur asam seperti gas SO_2 , NO_2 , dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dalam aerosol. Deposisi kering terjadi bila keadaan cuaca cerah dan berawan sehingga butiran-butiran gas dan aerosol yang bersifat asam diterbangkan oleh angin dan memungkinkan tertinggal di pepohonan, bangunan, dan bahkan terhirup masuk ke pernafasan. Air hujan yang membawa asam melalui proses deposisi basah bila pHnya dibawah 5,6 maka dapat dikatakan telah terjadi hujan asam.

Mekanisme Deposisi Asam



Sumber: Sanitation Center dan ADORC¹²

Gambar 8. Mekanisme deposisi asam.

HUJAN ASAM

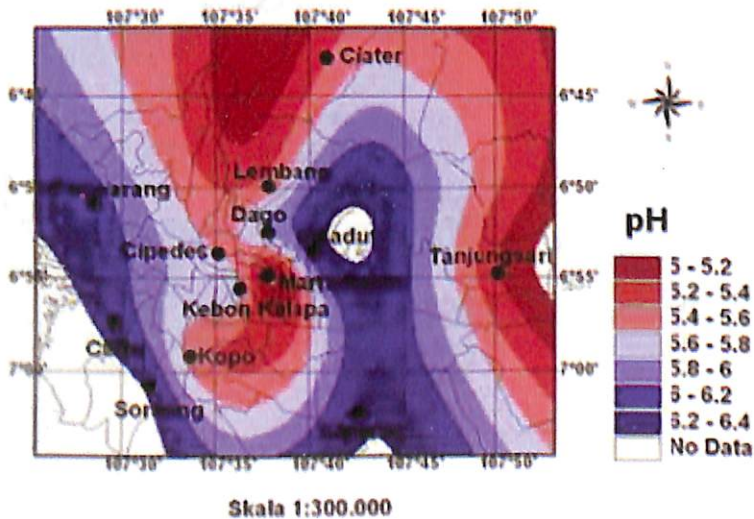
Secara prinsip keasaman air hujan sangat dipengaruhi oleh senyawa-senyawa sulfat (H_2SO_4), nitrat (HNO_3) dan asam klorida (HCl), karena itu kenaikan atau penurunan senyawa tersebut dapat menyebabkan angka pH turun atau naik¹³. Oksidasi dan fasa pelarutan dengan udara yang mengandung uap air akan membentuk asam sulfat, nitrat dan karbonit.

Secara matematis, reaksi kimia pembentukan hujan asam dapat dituliskan sebagai berikut:



Derajat keasaman (pH) dari hujan normal adalah 5,6. Atau batas normal dari keasaman air hujan, dimana air murni berada dalam kesetimbangan dengan konsentrasi CO₂ global (330 ppm) di atmosfer, dan pH 5,6 digunakan sebagai garis batas untuk keasaman air hujan¹⁴. Lacaux dkk¹⁵ mengelompokkan nilai pH dalam tiga kategori yaitu:

- air hujan basa mempunyai pH di atas 5,6
- air hujan asam mempunyai pH antara 4,5 - 5,6
- air hujan asam dengan pH di bawah 4,5 menunjukkan suatu daerah terkontaminasi oleh polusi udara yang sangat tinggi



Gambar 9. Kontur rata-rata pH pada 2004-2006 sebagai karakteristik tingkat keasaman air hujandi Cekungan Bandung (Kota dan Kab. Bandung)

Potensi hujan asam dengan derajat keasaman tinggi atau dengan nilai pH rendah (Gambar 9) terjadi di daerah padat transportasi dengan nilai konsentrasi SO₂ dan NO₂ tinggi. Daerah tersebut berada di kota Bandung yaitu Martadinata, Kebon Kalapa, Cipedes dan Kopo. Hujan asam (dengan pH < 5,6) yang terjadi selama periode 2004 sampai 2006 berada di tempat yang disebutkan tersebut ditambah daerah Lembang, Ciater dan

Tanjungsari. Ketiga tempat yang disebut terakhir berada di Tepi Cekungan Bandung dan dekat dengan gunung berapi. Nilai pH rendah berarti dipengaruhi sangat kuat oleh SO_2 dan NO_2 ^{16,17} sebaliknya nilai pH tinggi terdapat netralisasi keasaman air hujan oleh CaCO_3 dan atau NH_3 yang melimpah di atmosfer¹⁸.

PENUTUP

Di daerah padat transportasi di kota Bandung menunjukkan pH rendah dibandingkan di daerah kabupaten Bandung. Pengaruh polusi udara SO_2 dan NO_2 akan terindikasi dalam H_2SO_4 dan HNO_3 dalam air hujan yang berdampak pada nilai pH. Sedangkan di pedesaan Cililin dan Ciparay ada indikasi sumber alam gunung berapi SO_2 mempengaruhi sulfat dalam air hujan. Terdapat fenomena sumber lokal di Padalarang seperti CaCO_3 terurai menjadi Ca^{2+} dan CO_3^{2-} , yang menetralkan asam kuat seperti SO_4^{2-} dan NO_3^- dalam air hujan, dan adanya penyebaran polusi udara dari kota yang mempengaruhi kimia air hujan. Mengingat Padalarang terletak di celah Cekungan Bandung.

Konsentrasi NO_2 dan SO_2 tinggi berada di daerah kota yang mempunyai kapasitas jumlah kendaraan tinggi dan memberikan kontribusi yang besar. Terlihat pula kontribusi sulfur dari gunung berapi di daerah lengang seperti Ciater dan Lembang berdasarkan konsentrasi SO_2 yang cukup tinggi. Potensi hujan asam dengan derajat keasaman tinggi atau dengan nilai pH rendah terjadi di daerah padat transportasi dengan nilai konsentrasi SO_2 dan NO_2 tinggi.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer LAPAN yang telah mendanai pemantauan deposisi asam di Cekungan Bandung.

Daftar Pustaka

- ¹Seinfeld, J.H. and Pandis, S.N., 1998, *Atmospheric Chemistry and Physics from Air Pollution to Climate Change*, John Wiley and Sons. INC., New York, hal.1031.
- ²Vet, R., Richard S. Artz, Silvina Carou, Mike Shaw, Chul-Un Ro, Wenche Aas, Alex Baker, Van C. Bowersox, Frank Dentener, Corinne Galy-Lacaux, Amy Hou, Jacobus J. Pienaar, Robert Gillett, M. Cristina Forti, Sergey Gromov, Hiroshi Hara, Tamara Khodzher, Natalie M. Mahowald, Slobodan Nickovic, P.S.P. Rao, Neville W. Reid, 2013, *A global assessment of precipitation chemistry and deposition of sulfur*,

nitrogen, sea salt, base cations, organic acids, acidity and pH, and phosphorus, Atmospheric Environment, Available online 12 December 2013.

- ³Sutamiharja, 2009, *Perubahan Lingkungan Global*, Yayasan Pasir Luhur, Bogor, 249 hlm.
- ⁴Draaijers, G., Erisman J., Lovblad G., Spranger T., and Vel E., dkk, 1998, *Quality and uncertainty aspects of forest deposition estimation using throughfall, stemflow and precipitation measurements*, TNO Institute of Environmental Sciences, Energy Research and Process Innovation. TNO-MEP Report 98/003,.
- ⁵Avia L.A dan T. Harjana, 2010. Variasi Curah Hujan Bandung Selama 20 Tahun (1980 - 1999) dan Kaitannya dengan Fenomena ENSO (http://jurnal.lapan.go.id/index.php/warta_lapan/article/viewFile/918/817, diakses 25 November 2015)
- ⁶Kompas, 2003, *Profil Daerah Kabupaten dan Kota Jilid 2*, Penerbit Buku Kompas, ISBN:979-709-054-x, 237-244 dan 267-273.
- ⁷Tribun Jabar, Selasa 13 Agustus 2013 jam 22:38, Kunjungan Wisatawan ke Bandung Naik 5-7 Persen.
- ⁸Budiwati T., A. Budiyo, W. Setyawati, 2008, *Kecenderungan SO₂ dan NO₂ di Cekungan Bandung*, Lingkungan Tropis Edisi Khusus, Ikatan Ahli Teknik Penyehatan dan Lingkungan Indonesia (IATPI), Agustus 2008 (ISSN no. 1978-2713)
- ⁹Hamonangan, E., Kondo A., Kaga A., Inoue Y., Soda S., and Yamaguchi K., 2003, *Retrieval of Emission Loads from Measured Nitrogen Oxide Concentrations in Jakarta City*, Clean Air and Environmental Quality 37 No. 2, : 32-37.
- ¹⁰Budiwati, T. dan Tanti, D. A., 2014, *Analisis Nitrogen Dioksida (NO₂), Sulfur Dioksida (SO₂) Dan Amonia (NH₃) Di Cekungan Bandung Dan Daerah Pantai Pameungpeuk (Garut)*, Prosiding Seminar Sains Atmosfer dan Antariksa, 25 November 2014, ISBN: 978-979-145-87-0, 426.
- ¹¹Graedel T.E., and Crutzen P.J., 1993, *Atmospheric Change and Earth System Perspective*, WH Freeman and Company, New York, hal. 238.
- ¹²Japan Environmental Sanitation Center dan ADORC Japan, 26 Maret 1999
- ¹³Delmas R.J., 1983, *Antartic Precipitation Chemistry*, Chemistry of Multiphase Atmospheric Systems, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, Tokyo, 1983, 249 -264.
- ¹⁴Seinfeld, J.H., 1986, *Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution*, John Wiley and Sons. INC., New York, hal 695 - 704.

- ¹⁵Lacaux J.P., Servant J. and Baudet J.G.R., 1987, *Acid Rain In The Tropical Forests Of The Ivory Coast*, Atmospheric Environment, Vol. 21, No 12, hal 2643 – 2647.
- ¹⁶Sanusi A., Wortham H., Millet M., and Mirabel P., 1996, *Chemical Composition Of Rain Water In Eastern France*, Atmospheric Environment Vol. 30, No. 1, 59-71.
- ¹⁷Narita Y., Satoh K., Hayashi Keiichi., Iwase T., Tanaka S., Dokiya Y., Hosoe M., and Hayashi Kazuhiko, 2000, *Long Term Of Chemical Constituents In Tokyo Metropolitan Area In Japan, Acid Rain 2000*, Proceedings from the 6 th International Conference on Acidic Deposition: Looking back to the past and thinking of the future, Tsukuba, Japan, 10-16 December 2000, Editor-in-Chief Satake Kenichi, Kluwer Academic Publishers, Vol. III(2000): 1649-1654.
- ¹⁸Al-Momani I.F., Tuncel S., Eler U., Ortel E., Sirin G., and Tuncel G., 1995, *Major Ion Composition of Wet and Dry deposition in The Eastern Mediterranean Basin*, The Science of the Total Environment 164: 75-85.