

## **ESTIMASI LOKASI SUMBER PENCEMAR UDARA JARAK JAUH DI KOTA BANDUNG**

**Lilik S. Supriatin**

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, LAPAN

e-mail: lilik\_japan@yahoo. com

### **ABSTRACT**

*Remote dust pollutant in size of less than 2.5 microns are harmful to the visibility of atmosphere and health. Topography of Bandung as basin makes coming air pollutant difficult to move out and stagnant, so the accumulation of these kind of pollutants are high enough. The object of this study was to analyze the type of long-distance air pollutant and the location of the origin of the sources of pollution. The method used in this study is a measurement of central tendency and running Hysplitt models. The results showed that in Bandung indeed has got air pollutants distance away from the South China Sea in the form of particles containing elements of chloride (Cl) of 310 ng / cm<sup>2</sup> (9 times greater than local effects), mainland China in the form of particles containing calcium (269.87 ng/cm<sup>2</sup>) or 5 times than the effect of local and magnesium (88.19 ng/cm<sup>2</sup>) or 2 times of local influence, and the Australian continent in the form of particles containing sulfur by 3108 ng/cm<sup>2</sup> (2 times than local effect).*

**Keywords** : *Hysplitt, transboundary, Bandung, 2,5 mikron*

### **ABSTRAK**

Polutan udara jarak jauh berupa debu yang berukuran kurang dari 2,5 mikron berbahaya bagi visibilitas atmosfer dan kesehatan. Untuk Bandung sendiri karena terletak pada cekungan topografi, polutan udara yang masuk akan sulit untuk bergerak dan berdiam (*stagnan*) sehingga terjadi akumulasi polutan yang cukup tinggi. Berdasarkan latar belakang tersebut maka dilakukan penelitian ini. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui jenis polutan udara jarak jauh dan lokasi asal sumber pencemar. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah ukuran pemusatan dan *running* model *Hysplitt*. Hasil menunjukkan bahwa di Kota Bandung memang telah mendapat pencemar udara jarak jauh yang berasal dari Laut Cina Selatan berupa partikel yang mengandung unsur klorida (Cl) sebesar 310 ng/cm<sup>2</sup> (9 kali lebih besar daripada pengaruh lokal), daratan China berupa partikel yang mengandung kalsium (269,87 ng/cm<sup>2</sup>) atau 5 kali daripada pengaruh lokal dan magnesium (88,19 ng/cm<sup>2</sup>) atau 2 kali dari pengaruh lokal, dan benua Australia berupa partikel mengandung belerang sebesar 3108 ng/cm<sup>2</sup> (2 kali daripada pengaruh lokal).

**Kata-kunci:** *Hysplitt, transboundary, Bandung, 2,5 mikron*

## 1 PENDAHULUAN

Banyak orang beranggapan bahwa polutan udara hanya dapat melintasi negara-negara yang berbatasan darat langsung. Kasus pencemaran SO<sub>2</sub> dan hujan asam diantara negara-negara di benua Eropa adalah contoh penyebaran polutan udara dalam skala regional yang melintasi batas darat antar negara (Sliggers dan Kakebeeke, 2004). Bukti lain yang menunjukkan bahwa penyebaran polutan udara tidak mengenal batas administrasi suatu negara adalah pencemaran asap dari kebakaran hutan dan lahan di Sumatera dan Kalimantan yang sampai juga ke negara jiran (negara tetangga) Singapura yang tidak berbatas daratan langsung dengan Indonesia.

Pada makalah ini yang akan dikaji adalah kebalikan dari kejadian asap kebakaran lahan dan hutan dari Indonesia yang menyeberang sampai ke Singapura dan Malaysia, tetapi kejadian pencemaran udara yang sumbernya terjadi di luar negara Indonesia tetapi polutan udaranya sampai ke Kota Bandung. Dampak polutan udara terutama polutan udara yang bersumber dari pencemar jarak jauh (*long range transboundary air pollution*) adalah berbahaya bagi kesehatan dan visibilitas atmosfer. Hal ini disebabkan ukuran partikel pencemar jarak jauh berukuran lebih kecil dari 2,5 mikrometer (*micron*) (Santoso, 2015). Ditambahkan oleh Santoso (2015) bahwa partikel PM<sub>10</sub> dan PM<sub>2,5</sub> dapat melayang sampai jarak horizontal 100-1000 km tergantung dari kecepatan angin dan kondisi parameter cuaca yang lain.

Partikulat atau debu juga merupakan sumber utama *haze* (kabut asap) yang dapat menurunkan visibilitas atmosfer. Soedomo (2001) menyatakan bahwa dampak debu pada visibilitas atmosfer mulai timbul jika konsentrasinya dalam atmosfer sudah mencapai 26 mikrogram/m<sup>3</sup>.

Bappenas (2006) menyatakan bahwa partikel berukuran diameter lebih kecil dari 10 µm di atmosfer pada konsentrasi 140 µg/m<sup>3</sup> dapat menurunkan fungsi paru-paru pada anak-anak, sementara pada konsentrasi 350 µg/m<sup>3</sup> dapat memperparah kondisi penyakit *bronchitis*.

Fenomena penyebaran polutan udara lokal dan regional berpengaruh sangat besar dalam menentukan akumulasi konsentrasi pencemar udara di suatu tempat. Santoso (2007) menyatakan konsentrasi partikel dengan diameter aerodinamis kurang dari 2,5 mikron (PM<sub>2,5</sub>) selama periode tahun 2000-2006 mengalami kenaikan sebesar 65% di Bandung. Apakah kenaikan konsentrasi PM<sub>2,5</sub> ini berhubungan dengan *long range transboundary air pollution?*, dari mana

saja sumber polutan udara jarak jauh yang terdapat di Kota Bandung?, dan jenis pencemar udara apa saja yang sampai di Kota Bandung? Ketiga pertanyaan ini akan dijawab melalui penelitian ini.

Secara kuantitas atau fisik  $PM_{2,5}$  adalah debu yang berukuran kurang dari 2,5 mikron, tetapi secara kualitas atau kimiawi di dalam  $PM_{2,5}$  juga terkandung unsur kimia. Amonium nitrat ( $NH_4NO_3$ ), ammonium sulphat ( $(NH_4)_2SO_4$ ), natrium nitrat ( $NaNO_3$ ) dan karbon organik sekunder sebagian besar berukuran kurang dari 2,5  $\mu m$ .

Masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan yaitu belum diidentifikasinya daerah asal (lokasi) sumber pencemar udara di Kota Bandung terutama yang berasal dari sumber yang sangat jauh (melintasi kawasan regional) dan dari kegiatan alami atau antropogenik. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui dan menganalisis daerah sumber polutan udara di Kota Bandung terutama yang berasal dari sumber pencemar sangat jauh. Manfaat dari penelitian ini adalah untuk menambah pengetahuan dan wawasan bahwa penyebaran pencemar udara dapat melintasi darat dan laut. Keterbaruan dari penelitian ini adalah digunakannya analisis statistika berupa ukuran pemusatan (*mean*, median, dan modus) untuk menentukan bila terjadi pencemaran udara yang bersumber dari lokasi yang sangat jauh (melintasi darat dan laut) yang tidak digunakan pada penelitian sebelumnya.

## 2 METODE PENELITIAN

Data sekunder elemen kimia yang digunakan memiliki periode dari Januari 2006 sampai dengan Desember 2009. Data bersumber dari Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan BATAN. Lokasi pengambilan sampel udara adalah di Jl. Taman Sari Kota Bandung. Alat yang digunakan untuk pengambilan sampel udara adalah *Gent Sampler*. *Gent sampler* ditempatkan pada ketinggian 7 m dari permukaan tanah. Sampel udara lalu dianalisis unsur kimianya di laboratorium.

Metode analisis data yang dilakukan adalah pertama dengan membuat data *time series* dari unsur kimia. Lalu membuat ukuran pemusatan (*mean*, median, modus) dari data *time series* tersebut untuk menentukan uji normalitas data. Data *time series* yang memiliki sebaran normal akan memiliki *mean*, modus, dan median dengan selisih antara ke tiga jenis ukuran pemusatan tersebut adalah tidak terlalu besar atau sama. Walpole (1993) menyatakan sekumpulan data memiliki sebaran normal jika nilai *mean*, median, dan modus adalah

relatif sama.

Jika data memiliki sebaran normal, maka semua data *time series* tersebut dapat digunakan (tidak ada kucilan data). Jika data tidak memiliki sebaran normal, maka data tidak dapat digunakan untuk menentukan bila terjadi pencemaran udara jarak jauh.

Setelah mengetahui bahwa data *time series* elemen kimia memiliki sebaran normal, maka langkah selanjutnya adalah mengetahui waktu terjadinya *long range transboundary air pollution* (transpor polutan udara jarak jauh). Tanggal (waktu) yang memiliki nilai data elemen kimia paling tinggi (puncak maksimum) disimpulkan pada waktu tersebut telah terjadi pencemaran udara yang berasal dari lokasi yang sumbernya sangat jauh (Anonim, 2005b; Santoso, 2015).

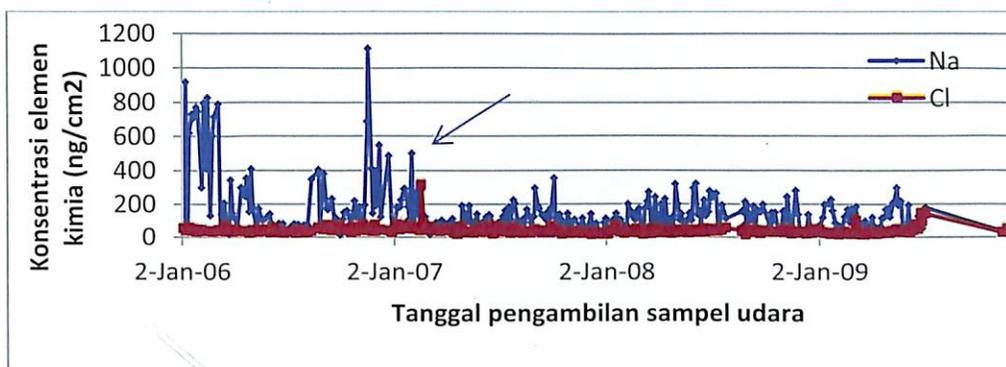
Untuk mengetahui asal lokasi sumber pencemar jarak jauh digunakan *software* HYSPLIT (*Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory*) dari NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). *Input* data untuk menjalankan *software* HYSPLIT adalah letak astronomis lokasi yang terkena dampak pencemaran udara yaitu Kota Bandung yang terletak pada 6°55' LS dan 107° BT, tanggal kejadian yang memiliki nilai polutan udara yang sangat ekstrem (data maksimum), lamanya waktu penyebaran polutan udara dari sumber ke lokasi terkena dampak (dalam satuan jam), serta konversi perbedaan waktu antara GMT (*Greenwich Mean Time*) dengan lokasi terkena dampak (Bandung). Setelah *running* dengan memilih mode *forward*, HYSPLIT akan mengeluarkan trayektori asal lokasi pencemaran udara jarak jauh tersebut ke lokasi terkena dampak.

Mekanisme transpor polutan udara jarak jauh ini adalah karena terjadinya badai debu dan pasir (*dust storm and sand*) di wilayah sumber pencemar (negara-negara yang memiliki gurun pasir yang luas). Topografi negara yang memiliki gurun pasir yang luas dan terletak di iklim sub tropis seperti China, Rusia, India, Australia, dan Amerika Serikat pada saat musim panas memiliki kecepatan angin yang relatif kuat. Ditambah dengan kondisi topografi yang berbentuk gurun pasir dan terbuka mengakibatkan medan angin bergerak bebas sehingga jika terjadi badai debu dan pasir, angin akan banyak membawa debu dan pasir melintasi negara lain. Badai debu dan pasir adalah fenomena alami yang telah terjadi ribuan tahun. Selama 50 tahun terakhir, frekuensi badai debu dan pasir meningkat, intensitas kerusakan meningkat, dan wilayah yang terkena dampak juga meluas dan melebar. Menurut data statistik di China pada tahun 1950-an telah terjadi rata-rata 5 kali badai debu dan pasir setiap tahun, 8 kali

di tahun 1960-an, 14 kali di tahun 1970an, dan 23 kali di tahun 1990-an. Badai debu dan pasir pada 2002 yang terjadi di China, partikel debunya sampai ke Korea, Jepang, dan Mongolia. Konsentrasi partikel debunya 10 sampai ratusan kali lebih besar melebihi baku mutu nasional negara yang terkena dampak (Anonim, 2005a). Hal ini menunjukkan bahwa partikel polutan berupa debu dapat melintasi laut. Di dalam partikel debu tersebut terkandung unsur kimia.

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 1 menyajikan data *time series* (Januari 2006- Desember 2009) konsentrasi elemen kimia (Na dan Cl) yang terkandung dalam partikulat  $PM_{2,5}$  dan diamati di Kota Bandung.



**Gambar 1.** *Time series* konsentrasi natrium (Na) dan klorida (Cl) (Sumber: BATAN)

Berdasarkan Gambar 1. dapat dianalisis ukuran pemusatan (mean, median, modus) untuk Na dan Cl. Tabel 1. menyajikan ukuran pemusatan untuk Na dan Cl.

**Tabel 1.** Ukuran pemusatan elemen klorida (Cl) dan natrium (Na)

No	Ukuran pemusatan	Klorida (ng/cm <sup>2</sup> )	Natrium (ng/cm <sup>2</sup> )
1.	Mean	35,37	144,84
2.	Modus	31	30
3.	Median	32	103

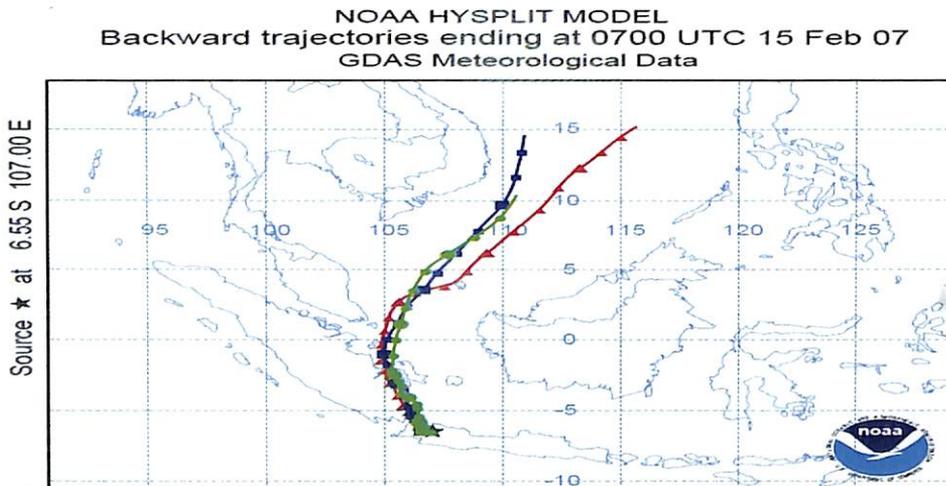
Berdasarkan Tabel 1. nilai *mean*, median, dan modus konsentrasi Cl hampir mendekati/relatif sama (berkisar antara 31-35) atau dapat dikatakan nilai *mean* Cl = nilai modus Cl = nilai median Cl. Hal ini

berarti data *time series* konsentrasi Cl memiliki sebaran data normal dan dapat digunakan untuk estimasi sumber pencemar udara jarak jauh.

Sementara *mean*, median, dan modus dari konsentrasi Na (Tabel 1) besarnya tidak relatif sama sehingga dapat disebut sebaran data konsentrasi Na adalah tidak memiliki sebaran normal. Data konsentrasi Na tidak dapat digunakan untuk estimasi sumber pencemar udara lintas batas administrasi suatu negara (*transboundary*).

Hasil analisis Gambar 1. menunjukkan nilai konsentrasi Cl paling tinggi adalah pada sampel udara tanggal 15 Februari 2007 yaitu sebesar 310 ng/cm<sup>2</sup> (nanogram/cm<sup>2</sup>). Berdasarkan ini, maka dapat diketahui bahwa konsentrasi klorida (Cl) yang berasal dari dampak sumber pencemar udara jarak jauh adalah pada tanggal 15 Februari 2007 (ditunjukkan oleh tanda panah).

Pada saat tidak terjadi transpor polutan udara jarak jauh konsentrasi Cl hanya 35,37 ng/cm<sup>2</sup>. Tambahan konsentrasi Cl sebesar 274,63 ng/cm<sup>2</sup> berasal dari transpor polutan udara jarak jauh atau jika diprosentasekan tambahan pengaruh transpor polutan udara dari sumber yang sangat jauh adalah sekitar 900% (9 kali lebih besar daripada pengaruh lokal). Hasil *running HYSPLIT* untuk kejadian tanggal 15 Februari 2007 disajikan pada Gambar 2.

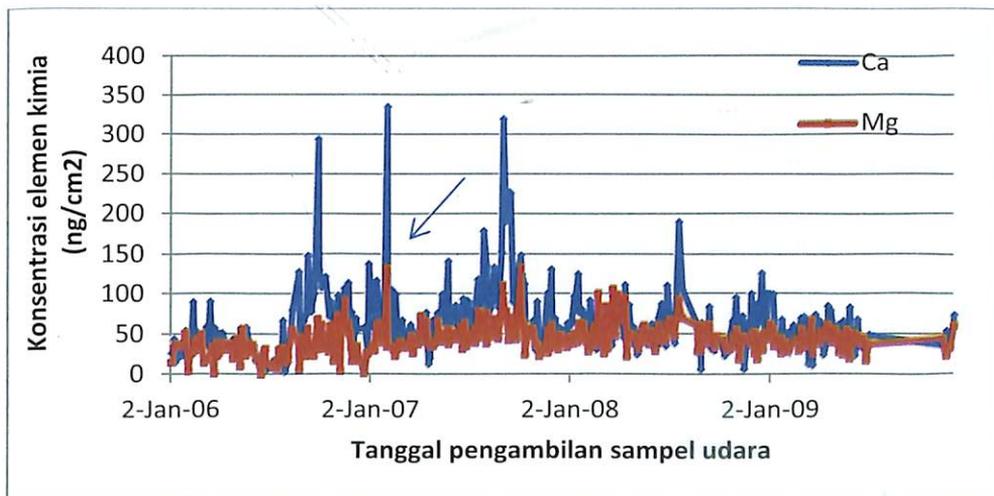


**Gambar 2.** Trayektori transpor polutan udara elemen klorida

Berdasarkan hasil analisis luaran model HYSPLIT yang ditunjukkan oleh Gambar 2. dapat diketahui bahwa Cl yang terukur di Bandung pada 15 Februari 2007 berasal dari garam-garam laut di Laut

Cina Selatan yang terbawa angin muson barat pada musim penghujan di Indonesia. Klorida dan natrium adalah indikator sumber pencemaran udara yang berasal dari maritim (laut) yaitu dari arus dan gelombang laut. Ukuran partikel Cl yang kurang dari  $2,5 \mu\text{m}$  berasal dari percikan air laut yang karena sangat ringan sehingga terbawa angin muson barat yang berhembus dari Laut Cina Selatan (di belahan bumi utara) ke Bandung (di belahan bumi selatan). Meszaros (1981) menyatakan bahwa komposisi kimia aerosol dari sumber laut pedalaman (laut terpencil) terdiri dari 75-95% adalah NaCl (natrium klorida),  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (ammonium sulfat),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (asam sulfat), dan campuran *sea salt* (antara NaCl dengan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ). Menurut Pasquill (1983) yang menyatakan fenomena transport polutan udara jarak jauh dapat saja terjadi.

Partikel yang berukuran kurang dari  $2,5 \mu\text{m}$  adalah termasuk golongan aerosol. Aerosol sendiri adalah partikulat padat yang berukuran  $0,001 - 10 \mu\text{m}$  yang berasal dari pecahan benda-benda padat di bumi dan disebarkan (terdispersi) oleh angin (*aero* berarti udara, *sol* berarti padatan) (Soedomo, 2001). Sumber aerosol dan komposisinya secara global adalah debu sebagai hasil dari hembusan angin sebesar 20%, garam dari air laut yang terpercik bersamaan gelombang laut sebanyak 40%, abu sebagai hasil dari kebakaran hutan sebanyak 10%, dan sisanya berasal dari partikulat asap sebagai hasil dari kegiatan industri sebanyak 5% (Rozari, 1991). Komposisi dan sumber aerosol tersebut menunjukkan bahwa laut sebagai kontributor aerosol terbesar terutama Cl.



**Gambar 3.** Time series konsentrasi Ca dan Mg (Sumber: BATAN)

Berdasarkan Gambar 3 dapat dianalisis ukuran pemusatan. Tabel 2. Menunjukkan analisis ukuran pemusatan untuk kedua elemen (Mg dan Ca).

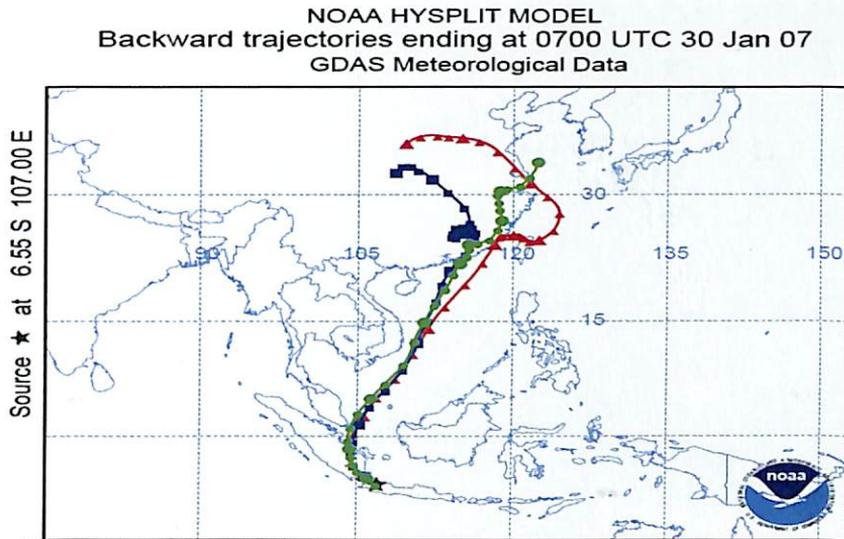
**Tabel 2.** Ukuran pemusatan elemen Ca dan Mg

No	Ukuran pemusatan	Kalsium (ng/cm <sup>2</sup> )	Magnesium (ng/cm <sup>2</sup> )
1.	Mean	65,13	43,81
2.	Modus	66	40
3.	Median	57	41,5

Berdasarkan Tabel 2 nilai *mean*, median, dan modus untuk masing-masing konsentrasi Ca dan Mg hampir mendekati (relatif sama) atau dapat dikatakan nilai *mean* = nilai modus = nilai median. Hal ini berarti data *time series* konsentrasi Ca dan Mg memiliki sebaran data yang normal dan dapat digunakan untuk estimasi sumber pencemar udara jarak jauh.

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui kedua elemen Ca dan Mg memiliki puncak (nilai maksimum) pada tanggal yang sama (30 Januari 2007). Nilai konsentrasi Ca dan Mg paling tinggi adalah pada sampel udara tanggal 30 Januari 2007 yaitu sebesar 335 ng/cm<sup>2</sup> untuk Ca dan Mg sebesar 132 ng/cm<sup>2</sup>.

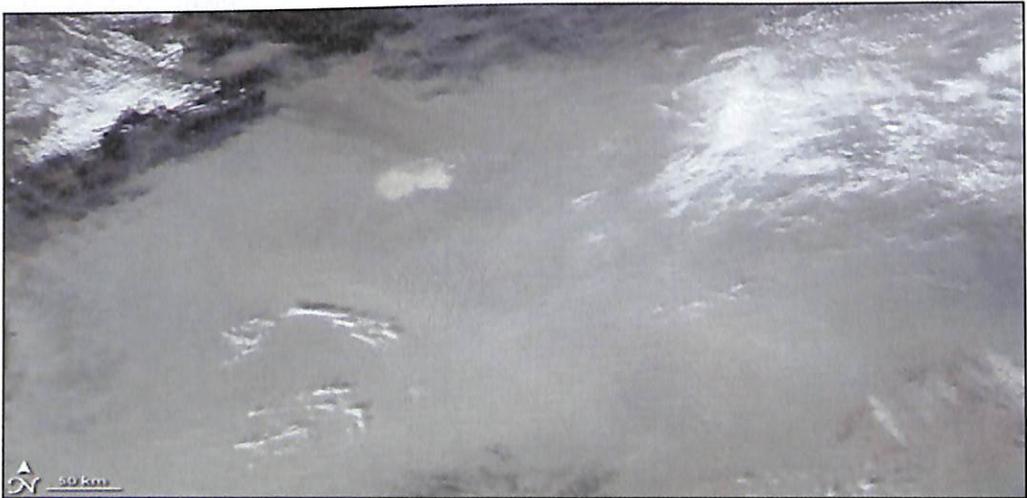
Pada saat tidak terjadi transpor polutan udara jarak jauh konsentrasi Ca rata-rata hanya 65,13 ng/cm<sup>2</sup> dan Mg hanya 43,81 ng/cm<sup>2</sup>. Tambahan konsentrasi Ca sebesar 269,87 ng/cm<sup>2</sup> dan Mg sebesar 88,19 ng/cm<sup>2</sup> berasal dari transpor polutan udara jarak jauh atau jika dipersentasekan tambahan pengaruh polutan udara dari sumber yang sangat jauh untuk Ca adalah sekitar 500% (5 kali lebih besar daripada pengaruh lokal). Untuk elemen Mg tambahan pengaruh polutan udara dari sumber yang sangat jauh sekitar 200% (2 kali lebih besar jika dibandingkan dengan polutan udara dari pengaruh lokal).



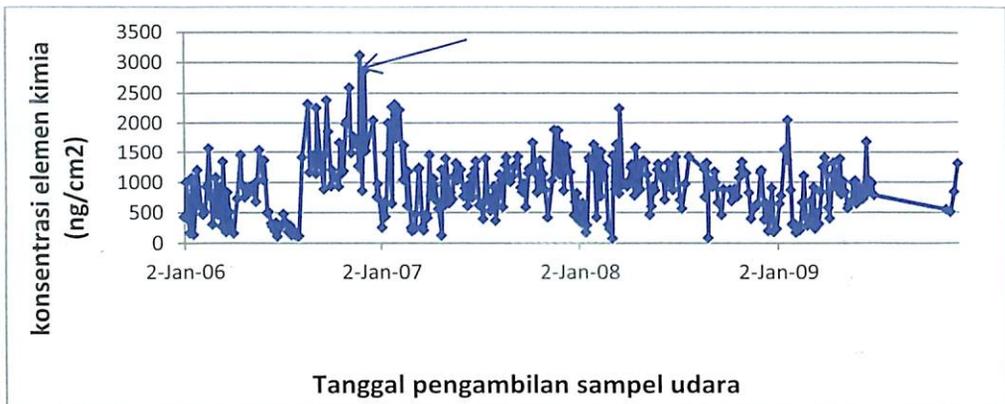
**Gambar 4.** Trayektori transpor polutan udara (Ca dan Mg)

Berdasarkan hasil analisis luaran model *HYSPLIT* yang ditunjukkan oleh Gambar 4. dapat diketahui bahwa elemen Ca dan Mg pada tanggal 30 Januari 2007 berasal dari transpor polutan udara jarak jauh yang bersumber dari daratan China dan sekitarnya. Ukuran partikel Ca dan Mg yang lebih kecil dari  $2,5 \mu\text{m}$  dapat diterbangkan dan disebarkan oleh angin. Kalsium dan magnesium adalah indikator polutan udara yang berasal dari kegiatan konstruksi, pengolahan batuan kapur, dan pabrik semen. Menurut Pasquill (1983) fenomena penyebaran pencemaran jarak jauh dapat saja terjadi. Pasquill menambahkan dan membagi skala penyebaran pencemaran udara menjadi 3 yaitu skala mikro, meso, dan makro. Pencemaran jarak jauh ini termasuk dalam skala makro dengan jangkauan penyebaran polutan udara lebih dari ribuan kilometer dalam skala waktu yang lebih lama dari satu hari. Skala makro ini disebut dengan skala kontinen.

Hasil pemantauan Satelit Aqua juga membenarkan bahwa sebelumnya yaitu pada tanggal 20 Desember 2006 telah terjadi *haze* di bagian timur China. *Haze* ini terjadi karena penggunaan batubara pada musim dingin untuk perapian dan menghangatkan. Kondisi di China sendiri sudah termasuk dalam kategori sangat tercemar. Pembakaran batubara yang di dalamnya terkandung unsur kalsium dan magnesium yang hebat menghasilkan *haze* (asap). Gambar 5 menyajikan hasil citra Satelit Aqua pada 20 Desember 2006.



**Gambar 5.** Hasil pantauan Satelit Aqua pada kejadian pembakaran batu bara di bagian timur China (20 Desember 2006) (Sumber: NOAA)



**Gambar 6.** *Time series* konsentrasi belerang (S) (Sumber: BATAN)

Berdasarkan Gambar 6 dapat dianalisis ukuran pemusatan. Tabel 3. menyajikan ukuran pemusatan elemen sulfur.

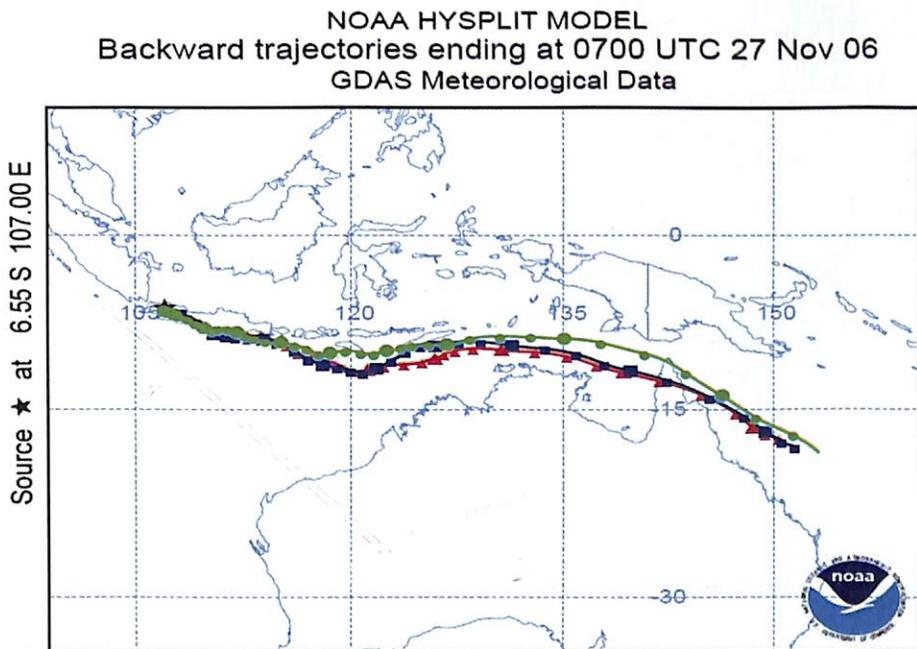
**Tabel 3.** Ukuran pemusatan elemen belerang (S)

No	Ukuran pemusatan	Belerang (ng/cm <sup>2</sup> )
1.	Mean	928
2.	Modus	1200
3.	Median	891

Berdasarkan Tabel 3. dapat diketahui bahwa nilai *mean*, modus, dan median data *time series* elemen belerang adalah relatif sama. Hal

ini menunjukkan bahwa data *time series* belerang adalah menyebar normal sehingga dapat digunakan untuk estimasi transpor polutan udara jarak jauh.

Berdasarkan Gambar 6 menunjukkan bahwa pada tanggal 27 November 2006 telah terjadi transpor polutan udara jarak jauh dengan nilai puncak konsentrasi belerang adalah  $3108 \text{ ng/cm}^2$ . Pada saat tidak terjadi transpor polutan udara jarak jauh konsentrasi S rata-rata hanya  $928,11 \text{ ng/cm}^2$ . Tambahan konsentrasi S sebesar  $2179,89 \text{ ng/cm}^2$  berasal dari transpor polutan udara jarak jauh atau jika dipersentasekan tambahan pengaruh polutan udara dari sumber yang sangat jauh untuk S adalah sekitar 300% (3 kali lebih besar daripada pengaruh lokal).

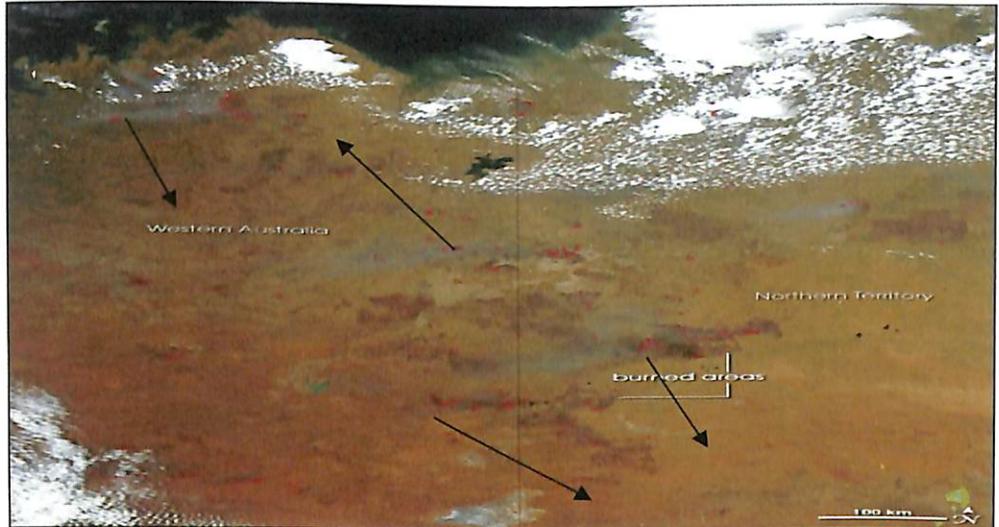


**Gambar 7.** Trayektori transpor polutan udara elemen S

Berdasarkan analisis luaran model HYSPLIT yang disajikan pada Gambar 7. dapat diketahui bahwa tambahan konsentrasi belerang sebesar  $2179,89 \text{ ng/cm}^2$  berasal dari kebakaran lahan yang terjadi di negara bagian New South Wales di Australia. Pada bulan November seperti biasa Australia memang mengalami musim panas. Kondisi bagian tengah Australia yang merupakan gurun pasir pada musim panas memicu terjadinya kebakaran hebat secara alami.

Hasil pemantauan Satelit Aqua dengan sensor MODIS (*Moderate*

Resolution Imaging Spectroradiometer) menunjukkan pada tanggal 17 November 2006 telah terjadi kebakaran hebat di Australia. Satelit Aqua ini melintasi Australia dua kali sehari. Gambar 8. menunjukkan hasil observasi Satelit Aqua terhadap kebakaran di Australia. Tanda panah menunjukkan *haze* (asap) yang berwarna abu-abu yang dihasilkan dari kebakaran dan banyak mengandung sulfur.



**Gambar 8.** Hasil pemantauan Satelit Aqua (Sumber: NOAA)

#### 4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data sampel udara di Kota Bandung telah mendapat polutan udara yang lokasi asal pencemarnya sangat jauh (*transboundary*) berupa partikel yang berukuran kurang dari 2,5 mikron. Lokasi pencemar yang sangat jauh tersebut yaitu dari Laut Cina Selatan berupa partikel dengan kandungan klorida sebesar 310 ng/cm<sup>2</sup> (9 kali lebih besar daripada pengaruh lokal), daratan China berupa partikel yang mengandung kalsium (269,87 ng/cm<sup>2</sup>) atau 5 kali daripada pengaruh lokal dan magnesium (88,19 ng/cm<sup>2</sup>) atau 2 kali dari pengaruh lokal, dan benua Australia berupa partikel mengandung belerang sebesar 3108 ng/cm<sup>2</sup> (3 kali daripada pengaruh lokal).

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Terima kasih penulis ucapkan pada Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan BATAN atas Bimtek model Hysplitt dan data yang diberikan.

## **DAFTAR RUJUKAN**

- Anonim, 2005a: Prevention and Control of Dust and Sandstorm in Northeast Asia, vol. 1, Asian Development Bank, Philippines.
- Anonim, 2005b: Prevention and Control of Dust and Sandstorm in Northeast Asia, vol. 2, Asian Development Bank, Philippines.
- Bappenas, 2006: Strategi Dan Rencana Aksi Nasional Untuk Peningkatan Kualitas Udara Perkotaan, Jakarta.
- Draxler, R. R. and Rolph, G. D. HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model access via NOAA ARL READY. NOAA Air Resources Laboratory, College Park, MD.
- Meszáros, E, 1981: Atmospheric Chemistry Fundamental Aspects, Elsevier Scientific Publishing Company, 119-120.
- Pasquill, 1983: Atmospheric Diffusion, John Wiley and Sons, Chichester, New York, pp 437.
- Rozari, M. B. , 1991: Klimatologi Dasar, Jurusan Geomet, FMIPA, IPB. Tidak dipublikasikan.
- Santoso, M, 2007: Konsentrasi PM<sub>2,5</sub> dan PM<sub>10</sub> Udara Ambien di Bandung dan Lembang Tahun 2000-2006. Proseding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Nuklir, BATAN, Bandung.
- Santoso, M, 2015: Aplikasi Teknik Analisa Nuklir Source Appointment dan Long Range Transport Air Polution, bahan diklat, Batan, Bandung.
- Sliggers, J dan Kakebeeke, W, 2004: Clearing The Air 25 years of the Convention On Long range Transboundary Air Pollution, United Nations, Geneva.
- Soedomo, M, 2001: Pencemaran Udara, Penerbit ITB Press, Bandung.
- Walpole, R. E, 1993: Pengantar Statistika, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 22-27.