

KONSENTRASI $PM_{2,5}$ DAN PM_{10} UDARA AMBIEN DI BANDUNG DAN LEMBANG TAHUN 2000 - 2006

Muhayaturun, Diah Dwiana Lestiani, Achmad Hidayat, Lenny Kumalasari

Pusat Teknologi Nuklir Bahan dan Radiometri, BATAN, Jl. Tamansari No.71, Bandung 40132

ABSTRAK

KONSENTRASI $PM_{2,5}$ DAN PM_{10} UDARA AMBIEN DI BANDUNG DAN LEMBANG TAHUN 2000-2006. Kualitas udara di beberapa kota di Indonesia semakin menurun akibat meningkatnya urbanisasi, aktivitas ekonomi, pertumbuhan penduduk dan transportasi. Hal ini cukup berdampak pada gangguan kesehatan, perubahan iklim, visibilitas dan sifat transpor antar regional sehingga harus mendapatkan perhatian khusus, baik dari pihak pemerintah, pihak swasta ataupun masyarakat untuk berperan aktif dalam meningkatkan kualitas udara. Makalah ini melaporkan hasil pengukuran konsentrasi partikulat udara $PM_{2,5}$ dan PM_{10} di daerah Bandung dan Lembang. Sampel diambil menggunakan **Gent Stacked Filter Unit** dengan dua jenis ukuran filter Nuclepore $< 2,5\mu m$ (halus) dan ukuran 2,5 - 10 μm (kasar), seminggu dua kali di dua lokasi, yaitu Batan Bandung dan Stasiun Badan Meteorologi dan Geofisika - BMG Lembang. Penentuan konsentrasi dilakukan menggunakan metode gravimetri. Hasil pemantauan konsentrasi $PM_{2,5}$ dan PM_{10} di dua lokasi menunjukkan peningkatan yang signifikan seiring dengan peningkatan sumber cemaran seperti meningkatnya jumlah kendaraan bermotor dan penggunaan bahan bakar di industri. Untuk daerah sampling Bandung peningkatan terjadi mulai tahun 2005, sedangkan daerah Lembang mulai tahun 2004. Konsentrasi rata-rata tahunan $PM_{2,5}$ untuk daerah Bandung tahun 2000-2006 masing-masing adalah 12,29; 14,01; 14,12; 14,35; 13,95; 18,99 dan 20,33 $\mu g/m^3$, sedang untuk daerah Lembang masing-masing adalah 8,83; 9,28; 9,29; 9,21; 14,51; 14,42 dan 14,95 $\mu g/m^3$. Untuk konsentrasi PM_{10} di daerah sampling Bandung tahun 2000 – 2006 masing-masing adalah 26,23; 29,82; 33,08; 31,79; 29,72; 36,77 dan 35,60 $\mu g/m^3$ sedang untuk daerah sampling Lembang masing-masing adalah 12,56; 11,11; 11,41; 10,68; 25,78 dan 24,62 $\mu g/m^3$. Rasio $PM_{2,5}/PM_{10}$ untuk daerah sampling Bandung dan Lembang tahun 2000 – 2006 masing-masing adalah 48% dan 60%. Untuk daerah sampling Bandung, nilai rata-rata tahunan untuk $PM_{2,5}$ mulai tahun 2005 telah melebihi nilai batas ambang (15 $\mu g/m^3$) sedangkan untuk daerah sampling Lembang sekalipun masih berada di bawah nilai tersebut tetapi perlu mendapatkan perhatian karena terlihat adanya kecenderungan meningkat dari tahun ke tahun.

Kata kunci : $PM_{2,5}$, PM_{10} , udara ambien

ABSTRACT

AMBIENT AIR CONCENTRATION OF $PM_{2,5}$ AND PM_{10} IN BANDUNG AND LEMBANG IN 2000 - 2006. Air quality in several big cities in Indonesia has become worse due to the increase of urbanization, economy activities, population growth and transportation. This could impact on human health, climate forcing, visibility and inter-regional transport, therefore it should get a prior attention from government, private sector and society to be actively involved in improving air quality activities. In this paper, the measurement results of ambient air concentration of $PM_{2,5}$ and PM_{10} in Bandung and Lembang from 2000 to 2006 will be discussed. Samples were collected using Gent Stacked Filter Unit sampler in two size fractions of Nuclepore filters of $< 2.5 \mu m$ (fine) and 2.5 to 10 μm (coarse), with sampling interval of twice a week in two locations Batan Bandung and Meteorological and Geophysical Station – BMG Lembang. The samples were analyzed for mass concentration using gravimetric method. The results from both sampling sites showed that there are $PM_{2,5}$ and PM_{10} concentration increase due to the increase of pollutant sources such as vehicles numbers and fuel use for industries. For sampling site Bandung the increasing of $PM_{2,5}$ and PM_{10} concentration was occurred in 2005 while in Lembang

was occurred in 2004. The annual average concentrations of $PM_{2.5}$ in Bandung for 2000 – 2006 were 12.29; 14.01; 14.12; 14.35; 13.95; 18.99 and 20.33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectively, while in Lembang were 8.83; 9.28; 9.29; 9.21; 14.51; 14.42 and 14.95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectively. The annual average concentrations of PM_{10} in Bandung for 2000 – 2006 were 26.23; 29.82; 33.08; 31.79; 29.72; 36.77 and 35.60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectively, while in Lembang were 12.56; 11.11; 11.41; 10.68; 25.78 and 24.62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectively. The ratio of $PM_{2.5}/PM_{10}$ in Bandung and Lembang for 2000 – 2006 was around 48% and 60% respectively. The annual average concentration of $PM_{2.5}$ in Bandung since 2005 was higher than the national air ambient standard for annual $PM_{2.5}$ (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), while at Lembang site is still below the national standard but it should be paid attention cause it showed there was an increasing trend in every year.

Key words: $PM_{2.5}$, PM_{10} , ambient air

1. PENDAHULUAN

Kualitas udara di beberapa kota di Indonesia mulai mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yang berpengaruh dominan, diantaranya adalah meningkatnya transportasi akibat pertumbuhan penduduk dan tingkat urbanisasi yang tinggi, aktivitas perekonomian yang pesat diiringi dengan besarnya konsumsi energi, ketergantungan yang tinggi terhadap bahan bakar minyak, serta masih rendahnya tingkat kesadaran pemerintah dan masyarakat [1]. Pencemaran udara yang semakin memburuk ini berdampak pada kesehatan masyarakat dan beban finansial. Data yang tercatat dari Profil Kesehatan DKI Jakarta tahun 2004 menunjukkan bahwa sekitar 46% penyakit gangguan pernapasan terkait dengan pencemaran udara (Infeksi Saluran Pernapasan Atas 43%, iritasi mata 1,7% dan asma 1,4%) dan sekitar 32% kematian akibat penyakit yang kemungkinan terkait dengan pencemaran udara (penyakit jantung dan paru-paru 28,3% dan pneumonia 3,7%). Pada tahun yang sama, Profil Kesehatan DIY tahun 2004 menunjukkan bahwa di Yogyakarta sebanyak 32% penyakit gangguan pernapasan terkait dengan pencemaran udara. Kecenderungan yang sama terjadi di Bandung dan kota besar lainnya [1, 2].

Sejak tahun 2000, pemerintah telah mengoperasikan sistem pemantauan kualitas udara kontinu otomatis atau *Air Quality Monitoring System* (AQMS) pada 10 kota besar di Indonesia. Sistem pemantauan tersebut memantau konsentrasi CO , SO_2 , NO_x , O_3 dan PM_{10} yang digunakan untuk menghitung Indeks Standar Pencemaran Udara. Tetapi karena keterbatasan biaya untuk operasional dan perawatan, tidak ada satu kota pun yang dapat mengoperasikan AQMS selama setahun penuh

[3]. Di samping itu parameter yang dipantau pun masih terbatas dan data tidak lengkap, sehingga tidak ada data pengamatan untuk parameter PM_{10} yang dapat digunakan sebagai dasar pengembangan dan penyusunan strategi dan rencana aksi yang spesifik untuk mengendalikannya. Padahal di samping parameter PM_{10} , parameter $PM_{2.5}$ merupakan parameter yang sangat kritis berdampak pada kesehatan. Partikulat udara halus yang berukuran mikron atau submikron sangat berbahaya, karena dapat berpenetrasi menembus bagian terdalam dari paru-paru, sehingga menyebabkan gangguan kesehatan, di antaranya infeksi saluran pernafasan akut, kanker paru-paru bahkan kematian. Partikulat halus diperkirakan memberi kontribusi besar pada angka kematian yang diakibatkan oleh gangguan kesehatan terkait pencemaran udara [4]. Oleh karena itu perlu dilakukan karakterisasi partikulat udara ambien $PM_{2.5}$ dan PM_{10} mengingat dampak yang cukup signifikan pada kesehatan manusia.

Pada penelitian ini telah dilakukan pengambilan sampel dari tahun 2000 sampai dengan 2006 yang menghasilkan sekitar 1942 sampel filter. Penilaian dan kajian terhadap data $PM_{2.5}$ dan PM_{10} akan dilakukan untuk mendapatkan gambaran tingkat pencemaran udara serta perubahannya dari tahun ke tahun. Dengan data yang terkumpul dalam jangka panjang ini diharapkan diperoleh data yang valid dan gambaran yang shahih tentang kondisi lingkungan udara ambien sehingga bisa dijadikan referensi bagi pihak-pihak yang berkepentingan (*stakeholder*) seperti pemerintah, lembaga penelitian, industri otomotif, atau industri-industri lain dalam upaya meningkatkan kualitas udara secara tepat dan terarah.

2. TATA KERJA

Pengambilan sampel partikulat udara dilakukan selama 24 jam menggunakan *Gent stacked filter unit sampler* di daerah *urban* (PTNBR Bandung) dan daerah *suburban* (stasiun Badan Meteorologi dan Geofisika-BMG Lembang). Dalam setiap kali sampling digunakan dua jenis filter Nuclepore polikarbonat yaitu filter halus (berpori-pori 0,4 μm) dan filter kasar (berpori-pori 0,8 μm). *Gent sampler* diatur pada laju alir sekitar 16 – 18 L/min, dengan *cut off* pada bagian nozel depan, alat ini secara simultan mengumpulkan partikulat udara halus ($\text{PM}_{2,5}$ yang berukuran 2,5 μm) pada filter halus dan partikulat udara kasar (berukuran 2,5 – 10 μm) pada filter kasar [5, 6]. Kegiatan sampling dilakukan dua kali seminggu mulai Januari 2000 sampai Desember 2006, menghasilkan sekitar 1942 sampel filter untuk dianalisis.

Konsentrasi massa ditentukan menggunakan metode gravimetri. $\text{PM}_{2,5}$ diperoleh dari hasil penimbangan berat sampel pada filter halus, sedang PM_{10} diperoleh dari penjumlahan massa partikel udara dari filter halus dan kasar. Sebelum penimbangan, sampel distabilisasi di ruang preparasi sampel pada kelembaban kurang dari 55% dan suhu 18 – 21 $^{\circ}\text{C}$.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai rata-rata waktu sampling, laju alir, volume serta massa per filter untuk kedua lokasi sampling selama masa periode penelitian ini dirangkum pada Tabel 1. Rata-rata massa partikulat halus/unit luas area yang terkumpul pada filter berkisar antara 22 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ dan 28 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Suatu nilai yang cukup kecil jika dibandingkan dengan rata-rata massa yang terkumpul pada filter Teflon, yaitu berkisar 160 – 290 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ [7]. Hal ini menunjukkan bahwa filter Nuclepore polikarbonat/ $\text{H}_{14}\text{C}_{16}\text{O}_3$ (lebih lebar 47 mm dan lebih tebal 4 kali dari filter Teflon) akan menghasilkan "mass closure" yang lebih rendah karena total deposit hidrogen sampel tidak bisa diukur secara akurat pada filter yang mengandung banyak hidrogen. Karenanya, sistem sampling menggunakan *Gent sampler* memang ditujukan untuk memperoleh massa halus dan kasar serta elemen-elemennya. [7]

Hasil rata-rata tahunan $\text{PM}_{2,5}$ dan PM_{10} untuk kedua lokasi sampling dirangkum pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1. Rata-rata parameter sampling partikulat udara di lokasi Bandung dan Lembang 2000 – 2006

Parameter sampling	Bandung	Lembang
	Mean \pm SD	Mean \pm SD
Waktu sampling (jam)	24 \pm 3	24 \pm 5
Laju alir (L/min)	16 \pm 1	17 \pm 1
Volume (m^3)	24 \pm 4	25 \pm 5
Massa halus/filter (μg)	347 \pm 150	280 \pm 149
Massa kasar/filter (μg)	380 \pm 221	173 \pm 232

Tabel 2. Rata-rata tahunan $\text{PM}_{2,5}$ dan PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) di daerah sampling Bandung 2000 – 2006

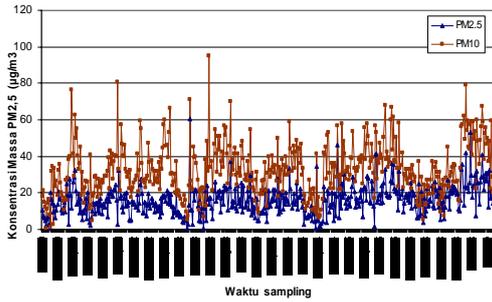
Tahun	$\text{PM}_{2,5}$	PM_{10}	$\text{PM}_{2,5}/\text{PM}_{10}$
2000	12,29 \pm 5,46	26,23 \pm 13,12	0,47
2001	14,01 \pm 4,24	29,82 \pm 8,79	0,47
2002	14,12 \pm 4,37	32,08 \pm 11,83	0,44
2003	14,35 \pm 5,60	31,79 \pm 9,04	0,45
2004	13,95 \pm 5,71	29,72 \pm 9,52	0,47
2005	18,99 \pm 7,65	36,77 \pm 12,30	0,52
2006	20,33 \pm 8,86	35,60 \pm 16,47	0,57

Tabel 3. Rata-rata tahunan $\text{PM}_{2,5}$ dan PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) di daerah sampling Lembang 2000 – 2006

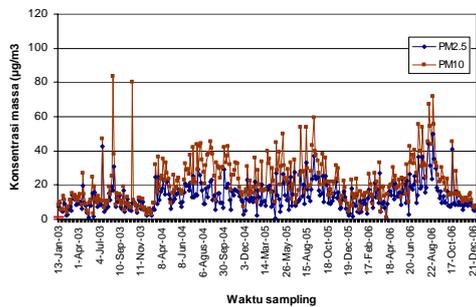
Tahun	$\text{PM}_{2,5}$	PM_{10}	$\text{PM}_{2,5}/\text{PM}_{10}$
2000	8,83 \pm 3,94	12,56 \pm 5,65	0,70
2001	9,28 \pm 3,19	11,11 \pm 4,45	0,83
2002	9,29 \pm 4,10	11,41 \pm 4,73	0,81
2003	9,21 \pm 5,34	10,68 \pm 7,37	0,86
2004	14,51 \pm 5,90	25,78 \pm 9,64	0,56
2005	14,42 \pm 7,76	24,62 \pm 11,73	0,58
2006	14,95 \pm 9,81	22,69 \pm 13,73	0,67

Dari kedua tabel dapat diketahui bahwa di daerah sampling Bandung terjadi peningkatan konsentrasi $\text{PM}_{2,5}$ dan PM_{10} pada tahun 2005, sedangkan di daerah sampling Lembang terjadi peningkatan mulai tahun 2004. Nilai rata-rata tahunan $\text{PM}_{2,5}$ perlu mendapatkan perhatian serius karena untuk daerah Bandung mulai tahun 2005 sudah berada di atas nilai baku mutu tahunan untuk $\text{PM}_{2,5}$ (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) [8], sedangkan Lembang mulai mendekati nilai baku mutu tersebut. Rata-rata harian *time series* konsentrasi $\text{PM}_{2,5}$ dan PM_{10} di kedua daerah sampling Bandung dan Lembang, masing-masing ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Hasil rata-rata harian tersebut masih berada di bawah nilai baku mutu harian 24 jam untuk $\text{PM}_{2,5}$ dan PM_{10} , yaitu masing-masing 65 dan 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dari kedua gambar tersebut dapat dilihat bahwa konsentrasi $\text{PM}_{2,5}$ dan PM_{10} pada musim kemarau (bulan Juli – September) lebih tinggi dibandingkan konsentrasi pada waktu lainnya.



Gambar 1. *Time series* konsentrasi 24 jam untuk $PM_{2,5}$ dan PM_{10} di daerah Bandung 2000-2006

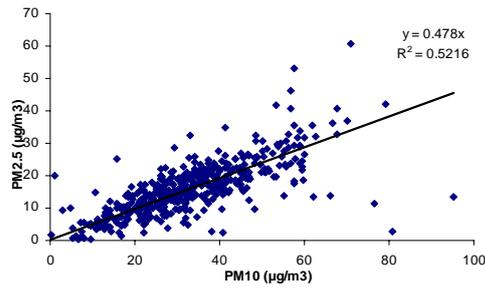


Gambar 2. *Time series* konsentrasi 24 jam untuk $PM_{2,5}$ dan PM_{10} di daerah Lembang 2000-2006

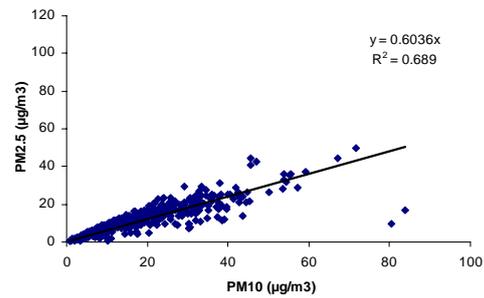
Hal ini disebabkan karena pada musim kemarau, sedikit hujan yang menghambat sumber pencemar alam yang berkontribusi utama pada konsentrasi PM_{10} . Nilai maksimum konsentrasi $PM_{2,5}$ di Bandung dan Lembang masing-masing adalah 60,53 dan 50,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan untuk PM_{10} masing-masing adalah 95,16 dan 83,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Kenaikan nilai rata-rata tahunan konsentrasi $PM_{2,5}$ dan PM_{10} yang cukup signifikan di Bandung disebabkan adanya peningkatan jumlah sumber cemaran baik berupa meningkatnya jumlah kendaraan bermotor dengan pertumbuhan 21–44% per tahun [9], maupun konsumsi bahan bakar fosil seperti batu bara untuk perindustrian yang semakin meningkat [2].

Rasio antara $PM_{2,5}$ dan PM_{10} di daerah lokasi sampling Bandung selama periode sampling 2000 – 2006 ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4, dengan rasio ($PM_{2,5}/PM_{10}$) untuk daerah sampling Bandung dan Lembang masing-masing berkisar 48% dan 60%. Hal ini menunjukkan bahwa $PM_{2,5}$ mewakili hampir sekitar setengah dari total massa PM_{10} .



Gambar 3. Plot korelasi antara PM_{10} vs $PM_{2,5}$ di daerah Bandung periode 7 tahun (2000 – 2006)



Gambar 4. Plot korelasi antara PM_{10} vs $PM_{2,5}$ di daerah Lembang periode 7 tahun (2000 – 2006)

4. KESIMPULAN

Kajian terhadap data pemantauan konsentrasi $PM_{2,5}$ dan PM_{10} di udara ambien memberikan nilai maksimum $PM_{2,5}$ di Bandung dan Lembang masing-masing adalah 60,53 dan 50,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan untuk PM_{10} masing-masing adalah 95,16 dan 83,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, masih di bawah nilai baku mutu konsentrasi harian 24 jam $PM_{2,5}$ dan PM_{10} (65 dan 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Rasio $PM_{2,5}/PM_{10}$ untuk daerah sampling Bandung dan Lembang 2000 – 2006 masing-masing adalah 48% dan 60%. Hasil penelitian selama periode 7 tahun, menunjukkan terjadinya peningkatan konsentrasi $PM_{2,5}$ dan PM_{10} dari tahun ke tahun. Untuk daerah sampling Bandung, nilai rata-rata tahunan untuk $PM_{2,5}$ mulai tahun 2005 telah melebihi nilai batas ambang (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sedangkan untuk daerah sampling Lembang sekalipun masih berada di bawah nilai tersebut tetapi perlu mendapatkan perhatian karena terlihat adanya kecenderungan meningkat dari tahun ke tahun dan akan semakin memburuk apabila tidak dilakukan tindakan dan rencana dalam mengurangi sumber polutan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih dan apresiasi yang sangat besar disampaikan kepada seluruh personil kelompok Teknik Analisis Radiometri yang telah terlibat lebih dari 7 tahun dalam penelitian ini. Penelitian ini terlaksana atas bantuan secara teknis dan finansial melalui kerjasama regional di bawah koordinasi IAEA dalam proyek RAS/7/013.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. **KEMENTRIAN LINGKUNGAN HIDUP DAN BAPPENAS**, Buku Strategi dan Rencana Aksi Nasional 2006,
2. **KEMENTRIAN LINGKUNGAN HIDUP DAN BAPPENAS**, Buku Strategi dan Rencana Aksi Lokal Kota Bandung 2006,
3. **KEMENTRIAN LINGKUNGAN HIDUP**, Status Lingkungan Hidup Indonesia 2005,
4. **HEI INTERNATIONAL SCIENTIFIC OVERSIGHT COMMITTEE OF HEI PUBLIC HEALTH AND AIR POLLUTION IN ASIA PROGRAM**, Health Effects on Outdoor Air Pollution in Developing Countries of Asia: A Literature Review”, Special Report 15, Health Effect Institute, April 2004.
5. **HOPKE.P.K., XIE, Y., RAUNEMAA, T., BIEGALSKI, S., LANDSBERGER, S., MAENHAUT, W., ARTAXO, P., and COHEN, D.**, Characterization of the Gent Stacked Filter Unit PM10 Sampler. *Aerosol Science and Technology* 27 (1997) 726 – 735.
6. **MAENHAUT, W., FRANCOIS, F., and CAFMEYER, J.**, The GENT Stacked Filter Unit Sampler for Collection of Atmospheric Aerosols in Two Size Fractions, *IAEA NAHRES-19* (1993) 249 – 263.
7. **COHEN. D.D., GARTON, D., STELCER, E., HAWAS, O., WANG, T., POON, S., KIM, J., CHOI, B.C., OH, N.S., SHIN, H.J., KO, M.Y., and UEMATSU, M.**, Multielemental Analysis and Characterization of Fine Aerosols at Several Key ACE-Asia Sites, *Journal of Geophysical* vol 109 (2004) D19S12.
8. **ANONYMOUS, PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA**, PP no. 41 tahun 1999, Peraturan Pemerintah mengenai Baku Mutu Udara Ambien Nasional.
9. **ANONYMOUS**, Transportasi Jalan – Sarana Angkutan Jalan, **DEPARTEMEN PERHUBUNGAN, 2006**

7. DISKUSI

Nanny Kartini – PTNBR BATAN :

Penelitian yang dilakukan adalah untuk tahun 2000 – 2006.

1. Kapan target akhir penelitian ini? Tahun Berapa?
2. Bagaimana tindak lanjut penelitian ini dalam hal memecahkan masalah kecenderungan pencemaran udara di Bandung dan Lembang?

Diah D.L :

1. Tahun 2010 dalam proyek RAS/7/015. Penelitian dapat dilanjutkan apabila ada *user* yang memerlukan.
2. Hasil ini kita diseminasi dan kontribusi kepada para *end user* (pihak Pemerintah seperti KLH dan BPLH Kota Bandung), yang akan membuat kebijakan untuk pengendalian pencemaran udara. Disamping itu, hasil yang diperoleh didiseminasikan pula ke lingkungan akademik.

Poppy Intan Tjahaja – PTNBR BATAN :

Apa saja sumber-sumber pencemar PM_{2,5} dan PM₁₀ di udara?

Diah D.L :

Sebagian besar kontribusi untuk PM_{2,5} berasal dari sumber antropogenik terutama kendaraan bermotor, pembakaran biomassa, industri, diesel (*gasoline*), konstruksi, dll. Sementara PM₁₀ sebagian besar berasal dari sumber alam seperti *soil* dan *seasalt*.