

Distribusi Temporal Konsentrasi PM₁₀ Menggunakan Alat Particle Plus EM-10000

Temporal Distribution of PM₁₀ Concentration Using Particle Plus EM-10000

Yoga Wahyu Utama¹ Didin A. Permadi²

^{1,2}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional, Jl. PH.H.Mustofa No. 23, Bandung, 40124

E-mail: yogawahyu.utama10@gmail.com

ABSTRAK

Distribusi Temporal Konsentrasi PM₁₀ Menggunakan Alat Particle Plus EM-10000. Tingkat polusi partikulat di Kota Bandung umumnya melebihi kualitas udara ambien nasional. Sektor transportasi menjadi sumber utama dalam pencemaran konsentrasi PM₁₀ di Kota Bandung, di mana kendaraan bermotor menyumbang 70% pencemar partikulat (PM₁₀). Itenas Bandung merupakan salah satu kampus swasta di Kota Bandung yang terletak di Jalan PH.H.Mustofa, jalan tersebut merupakan jalan utama yang berfungsi sebagai jalan arteri primer, sehingga dipenuhi oleh arus atau volume lalu lintas yang tinggi. Faktor lain yang berpengaruh terhadap variabilitas temporal konsentrasi PM₁₀ selain sumber emisi lokal adalah faktor meteorologi dan sumber regional yang berasal dari luar daerah Kota Bandung. Kondisi meteorologi dapat sangat memengaruhi variabilitas temporal partikulat. Meteorologi dapat memengaruhi proses dispersi maupun difusi partikulat yang dapat menyebabkan peningkatan atau penurunan konsentrasi PM₁₀. Sumber regional juga memiliki peran terhadap variabilitas temporal konsentrasi PM₁₀ karena secara substansial PM₁₀ dapat terbawa dari tempat yang jauh melalui mekanisme *long range transport*. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa distribusi temporal konsentrasi PM₁₀ di Itenas Bandung agar meminimalisir terjadinya paparan jangka pendek yang dapat menyebabkan risiko kesehatan. Konsentrasi PM₁₀ bersumber dari pencemar lokal (transportasi) dan pencemar regional (luar daerah Kota Bandung) yang diidentifikasi dengan model HYSPLIT, serta pengaruh faktor meteorologi terhadap variabilitas temporal konsentrasi PM₁₀. Distribusi temporal konsentrasi PM₁₀ menunjukkan pola *bimodial* di mana terdapat dua jam puncak yaitu pukul 8 pagi dan pukul 10 malam, variabilitas temporal yang terjadi disebabkan oleh transportasi, temperatur dan kecepatan angin. Sementara, kelembaban tidak memiliki pengaruh terhadap variabilitas temporal konsentrasi PM₁₀ saat musim kemarau. Daerah yang dapat berpotensi menjadi sumber pencemar konsentrasi PM₁₀ di Kota Bandung berasal dari daerah Kabupaten Cilacap, Kabupaten Ciamis, Kabupaten dan Kota Tasikmalaya, Kabupaten Garut dan Kabupaten Bandung.

Kata kunci: PM₁₀, Faktor Meteorologi, Distribusi Temporal, HYSPLIT

ABSTRACT

Temporal Distribution of PM₁₀ Concentration Using Particle Plus EM-10000. The particulate pollution levels in Bandung generally exceeded the national ambient air quality. The transportation sector is the main source of PM₁₀ concentration pollution in Bandung city, where vehicles contribute 70% of particulate pollutants (PM₁₀). Itenas Bandung is one of the private campuses in Bandung city which is located at Jalan PH. H. Mustofa. This road is the main road that functions as a primary arterial road, so it is filled with high traffic volume. Other factors that affect the temporal variability of PM₁₀ concentrations apart from local emission sources are meteorological factors and regional sources originating outside Bandung city. Meteorological conditions can greatly affect the temporal variability of particulates because meteorology can affect the dispersion and diffusion processes of particulates which can cause an increase or decrease in PM₁₀ concentrations. Regional sources also have a role in the temporal variability of PM₁₀ concentrations because substantially PM₁₀ can be carried from distant places through the long range transport mechanism. This research was

conducted analyze a temporal distribution of PM₁₀ concentrations in Itenas Bandung in order to minimize the occurrence of short-term exposures that can cause health risks. PM₁₀ concentrations comes from local pollutants (transportation) and regional pollutants (outside the city of Bandung) identified by the HYSPLIT model, as well as the influence of meteorological factors on the temporal variability of PM₁₀ concentrations. The temporal distribution of PM₁₀ concentration shows a bimodal where there are two peak hours, namely 8 am and 10 pm, the temporal variability that occurs is caused by transportation, temperature and wind speed. Meanwhile, humidity has no effect on the temporal variability of PM₁₀ concentration during the dry season. Areas that could potentially be a source of PM₁₀ concentration pollutants in Bandung City come from the Cilacap Regency, Ciamis Regency, Tasikmalaya Regency and City, Garut Regency, and Bandung Regency.

Keywords: PM₁₀, meteorological factors, temporal distribution, HYSPLIT

1. Pendahuluan

Partikulat adalah salah satu polutan utama yang terkait di udara ambien yang dapat menyebabkan efek terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. PM₁₀ merupakan salah satu zat pencemar dengan ukuran diameter kurang dari 10 mikrometer yang berbahaya bagi kesehatan manusia, karena PM₁₀ dapat masuk kedalam paru-paru dan beberapa bahkan dapat masuk kedalam aliran darah manusia (EPA, 2019). Pada konsentrasi 140 µg/m³, PM₁₀ dapat menurunkan fungsi paru-paru pada anak-anak, sementara pada konsentrasi 350 µg/m³ dapat memperparah kondisi penderita bronkhitis (Setiyo et al., 2009). Setiap peningkatan konsentrasi PM₁₀ sebesar 10 µg/m³ dihitung dari konsentrasi 50 µg/m³ akan meningkatkan mortalitas sebesar 0,5%, hal ini berdampak pada paparan jangka pendek terkait kesehatan manusia (WHO, 2005). Pada tahun 2010 sekitar 3,3 juta orang di seluruh dunia meninggal hanya dikarenakan menghirup debu-debu kecil atau partikulat dan akan berlipat ganda pada tahun 2050 (Fauziah et al., 2017).

Tingkat polusi partikulat di Kota Bandung umumnya melebihi kualitas udara ambien nasional Indonesia yaitu sebesar 150 µg/m³. Konsentrasi PM₁₀ yang diukur di Jalan Braga menunjukkan konsentrasi sebesar 301 µg/m³, nilai tersebut melebihi baku mutu udara ambien, yang disebabkan oleh kepadatan lalu lintas atau transportasi (Lestari, 2003). Sumber pencemar yang mengemisi polutan paling besar di Kota Bandung adalah sektor transportasi (Turyanti, 2011). Pada tahun 2019 jumlah kendaraan bermotor di Kota Bandung mencapai total 1.747.255 unit (BPS, 2020) yang mana kendaraan bermotor menyumbang 70% pencemar partikulat (PM₁₀).

Itenas Bandung merupakan salah satu kampus swasta di Kota Bandung, Jawa barat yang terletak di jalan PH.H.Mustofa. Jalan PH.H.Mustofa dipenuhi oleh arus atau volume lalu lintas yang tinggi, sehingga dapat menyebabkan konsentrasi PM₁₀ menjadi meningkat. Peningkatan volume lalu lintas sangat erat kaitannya dengan variabilitas temporal harian pada

konsentrasi PM_{10} , yang mana pemahaman variasi temporal perlu dilakukan untuk menghindari risiko terkena paparan jangka pendek yang disebabkan oleh PM_{10} .

Selain sumber lokal seperti transportasi, kondisi meteorologi dapat sangat memengaruhi variabilitas temporal partikulat (Unal et al., 2011). Faktor meteorologi dapat memengaruhi dispersi maupun pengenceran partikulat, sehingga menyebabkan peningkatan atau penurunan konsentrasi PM_{10} . Sumber regional atau luar daerah juga memiliki peran yang penting terhadap konsentrasi PM_{10} yang dapat memengaruhi variabilitas temporal, ini berkaitan dengan salah satu faktor meteorologi yaitu angin. Angin (arah dan kecepatan) berpengaruh terhadap dispersi partikulat yang mana akan memengaruhi ke arah mana dan seberapa tinggi konsentrasi partikulat di daerah tersebut. Arah angin akan menentukan arah daerah paparan, sedangkan kecepatan angin akan menentukan seberapa jauh partikulat akan terbawa sepanjang arah angin dominan. Konsentrasi PM_{10} secara substansial dipengaruhi oleh *long-range transport* (LRT) yang mana hal ini disebabkan oleh angin (Karaca et al., 2009), maka terdapat kemungkinan jika konsentrasi PM_{10} yang terdapat di Kota Bandung tidak hanya bersumber dari pencemar lokal melainkan dapat juga bersumber dari pencemar regional yang berasal dari daerah luar Kota Bandung.

Penelitian ini perlu dilakukan untuk membuat distribusi temporal konsentrasi PM_{10} di Iteas Bandung agar meminimalisir terjadinya paparan jangka pendek yang dapat menyebabkan risiko kesehatan pada masyarakat. Konsentrasi PM_{10} bersumber dari pencemar lokal (transportasi) dan pencemar regional (luar daerah Kota Bandung), serta pengaruh faktor meteorologi terhadap variabilitas temporal konsentrasi PM_{10} .

2. Metodologi

Pengukuran konsentrasi PM_{10} dan faktor meteorologi di Iteas Bandung menggunakan alat Particle Plus EM-10000 yang mana alat tersebut mengukur konsentrasi PM_{10} dan faktor meteorologi setiap satu menit selama 24 jam atau kontinu. Alat Particle Plus EM-10000 merupakan alat baru yang digunakan di Indonesia dengan menggunakan sensor. Pengukuran dilakukan selama satu bulan yang mana mewakili musim kemarau (5 Juli 2020 sampai 3 Agustus 2020). Iteas Bandung merepresentatifkan pengukuran konsentrasi PM_{10} dari sektor lalu lintas karena Iteas Bandung terletak di Jalan P.H. Mustofa yang berfungsi sebagai jalan arteri primer, sehingga dipenuhi oleh arus atau volume lalu lintas yang tinggi. Penempatan alat Particle Plus EM-10000 diletakkan di *rooftop* Gedung Geodesi Iteas, mengacu pada SNI 19-7119.6-2005 tentang penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambien.

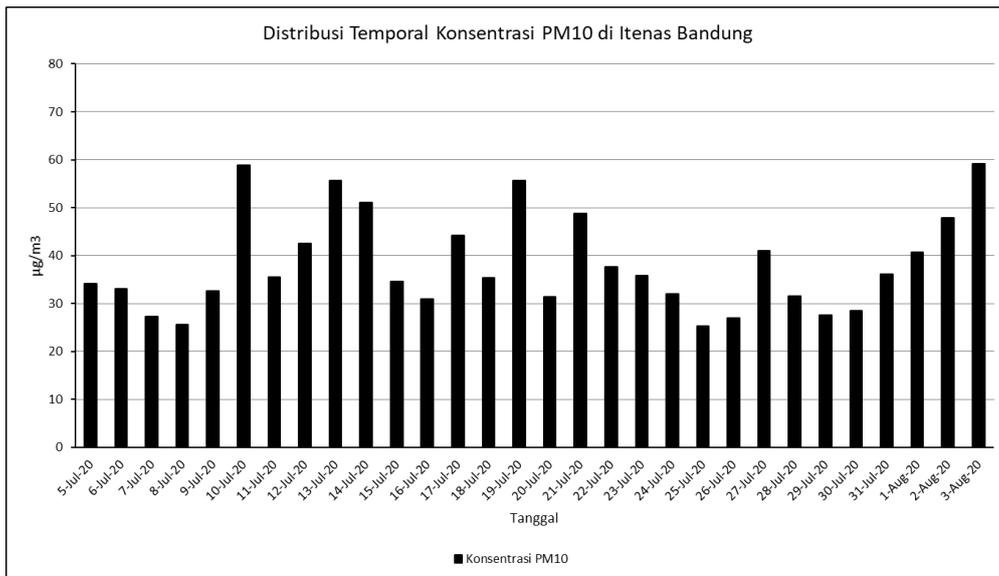
Distribusi temporal dari konsentrasi PM₁₀ akan dianalisis dalam frekuensi per jam (*diurnal variation*) untuk melihat fluktuasi konsentrasi PM₁₀ yang terjadi serta kapan terjadinya waktu puncak konsentrasi. Pengolahan data dilakukan menggunakan *Microsoft Excel*. Metode yang digunakan untuk menganalisis hubungan keeratan (korelasi) antara konsentrasi PM₁₀ dengan faktor meteorologi adalah analisis korelasi *spearman*. Nilai korelasi yang didapat (*r*) akan dilihat menggunakan tabel Guilford untuk mengetahui korelasi bernilai sempurna atau tidak. Pengolahan data regresi dilakukan menggunakan *software* SPSS.

Model HYSPLIT digunakan untuk melihat lintasan partikel udara yang menuju ke lokasi penelitian (*backward trajectory*). Model ini akan membantu melihat kemungkinan daerah mana saja yang dapat berpotensi menjadi sumber pencemar partikulat terhadap Kota Bandung. Waktu yang dipilih dalam model HYSPLIT adalah waktu dimana konsentrasi PM₁₀ tertinggi selama pengukuran dan arah angin terbanyak selain keadaan tenang/*calm*.

3. Hasil dan Pembahasan

Menurut Peraturan Pemerintah No 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, baku mutu konsentrasi PM₁₀ selama pengukuran 24 jam yaitu sebesar 150 µg/m³. Gambar 1. menunjukkan konsentrasi rata-rata harian PM₁₀ di Itenas Bandung bila dibandingkan dengan baku mutu yang ditetapkan oleh Pemerintah Indonesia masih jauh di bawah standar yang ditetapkan sebesar 150 µg/m³. Sumber pencemar yang mengemisi polutan paling besar di Kota Bandung adalah sektor transportasi (Turyanti, 2011), yang mana kendaraan bermotor menyumbang 70% pencemar konsentrasi PM₁₀. Emisi dari kendaraan bermotor merupakan salah satu penyumbang utama partikulat di atmosfer perkotaan, emisi partikulat dari kendaraan bermotor berasal dari knalpot akibat terjadinya proses pembakaran yang tidak sempurna serta keausan mekanis ban dan rem (Matter, 2010).

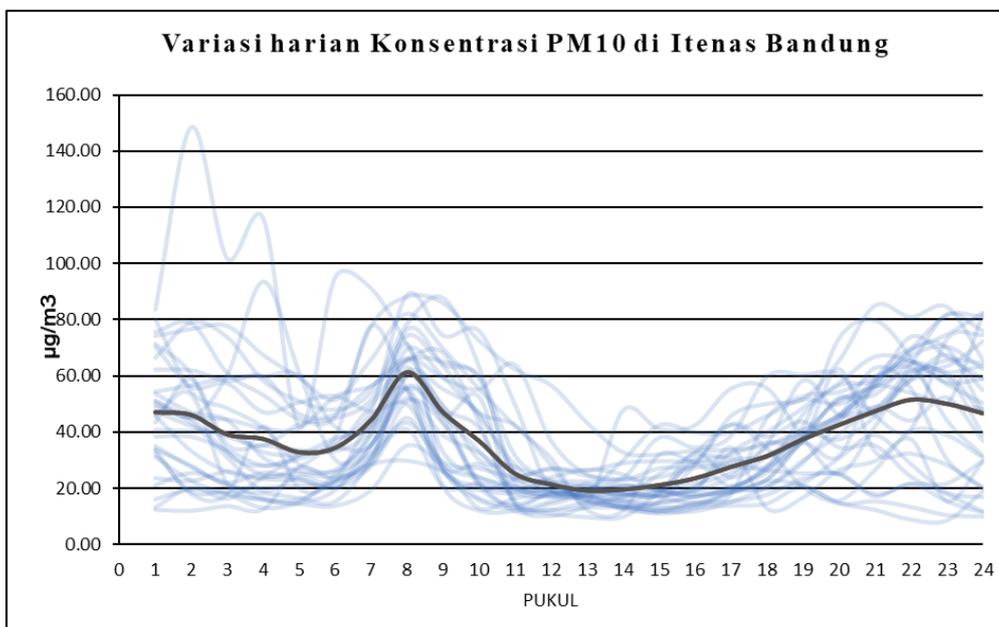
Variasi harian konsentrasi PM₁₀ di Itenas Bandung disajikan pada Gambar 2. Pola distribusi di Itenas Bandung menunjukkan pola *bimodial*, di mana *bimodial* merupakan pola dengan konsentrasi puncak terjadi sebanyak dua kali, yaitu pada pukul 8 pagi dan pukul 10 malam. Peningkatan konsentrasi PM₁₀ dari pukul 5 pagi hingga 8 pagi ini disebabkan oleh peningkatan sumber polutan dari kegiatan antropogenik, di mana pada jam-jam tersebut merupakan waktu masyarakat melakukan mobilitas menuju tempat kerja maupun sekolah. volume lalu lintas memiliki peranan yang penting dalam variasi diurnal konsentrasi PM₁₀ (Morawska et al., 2007).



Sumber Data : Hasil Analisis, 2020

Gambar 1. Distribusi Temporal Konsentrasi PM₁₀ di Itenas Bandung

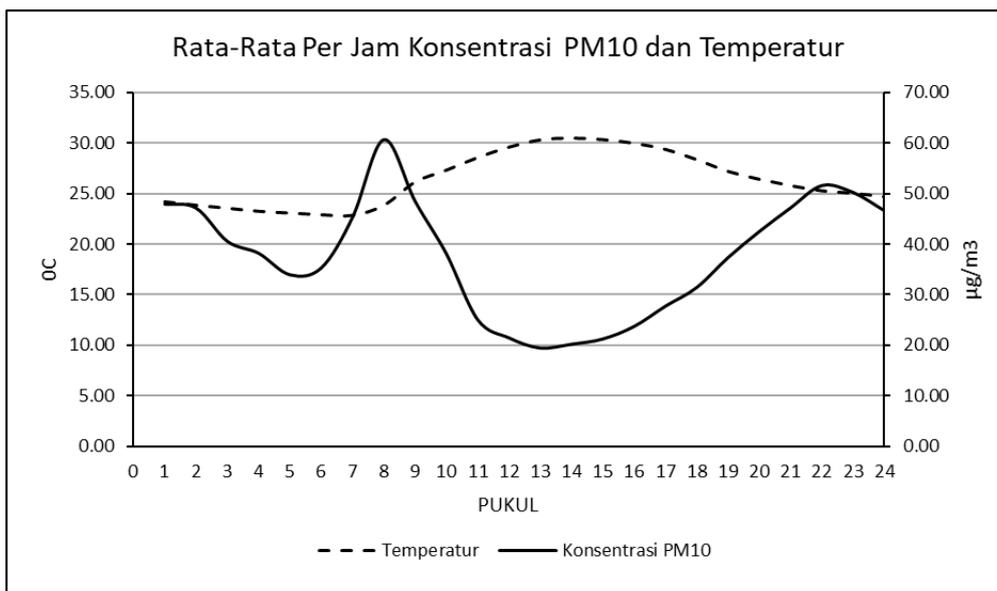
Penurunan konsentrasi PM₁₀ mulai terjadi setelah *morning rush hour* selesai yaitu pukul 9 pagi hingga pukul 1 siang. Penurunan konsentrasi PM₁₀ disebabkan oleh perubahan ketinggian *atmospheric boundary layer* (ABL) yang menyebabkan kondisi udara menjadi tidak stabil sehingga memengaruhi proses difusi atau pengenceran konsentrasi PM₁₀ dan perubahan kecepatan angin yang memengaruhi dispersi konsentrasi PM₁₀ (Wang et al., 2015).



Sumber Data : Hasil Analisis, 2020

Gambar 2. Variasi Harian Konsentrasi PM₁₀ di Itenas Bandung

Bagian atas ABL diibaratkan sebagai kedalaman pencampuran (*mixing depth*) atau tinggi ABL yang berkisar hingga 3000 meter. Ketinggian ABL tergantung pada kestabilan udara serta temperatur. Jika massa udara panas berada di bawah massa udara dingin maka udaranya tidak stabil, sehingga terjadi difusi atau pengenceran konsentrasi PM_{10} . Fenomena ini mulai terjadi pada saat matahari terbit hingga matahari terbenam dan mengalami ketinggian maksimum pada saat siang hari (Saxena et al., 2018). Pada *morning rush hour*, proses difusi dan dispersi PM_{10} yang terjadi tidak maksimum karena peningkatan volume lalu lintas yang berlebih menyebabkan peningkatan pencemaran konsentrasi PM_{10} , dimana kendaraan bermotor menyumbang 70% pencemar partikulat (Ismiyati et al., 2014). Proses difusi dan dispersi konsentrasi PM_{10} mulai terjadi setelah *morning rush hour* selesai, yaitu pukul 9 pagi hingga pukul 1 siang, bersamaan dengan naiknya temperatur (Gambar 3.) dan naiknya kecepatan angin (Gambar 4.). Hal ini menunjukkan adanya hubungan yang negatif antara temperatur dengan konsentrasi PM_{10} dan kecepatan angin dengan konsentrasi PM_{10} .

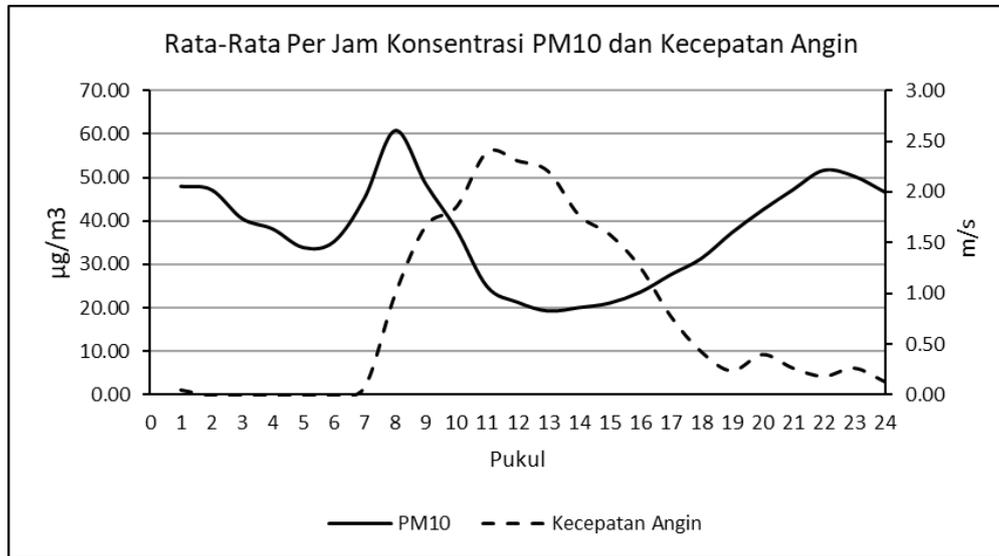


Sumber Data : Hasil Analisis, 2020

Gambar 3. Rata-Rara Per Jam Konsentrasi PM_{10} dan Temperatur

Pada Gambar 2. konsentrasi PM_{10} mengalami peningkatan pada pukul 2 siang hingga mencapai puncak pada pukul 10 malam yang merupakan periode puncak kedua. Peningkatan konsentrasi PM_{10} pada pukul 2 siang bersamaan dengan penurunan temperatur dan penurunan kecepatan angin, sehingga proses difusi dan dispersi konsentrasi PM_{10} mulai berkurang. Peningkatan konsentrasi PM_{10} pada pukul 4 sore disebabkan oleh kegiatan antropogenik yang meningkat dimana masyarakat melakukan mobilitas menuju rumah setelah beraktivitas di luar. Penelitian yang dilakukan di Helsinki, Finlandia juga menunjukkan terjadi peningkatan

konsentrasi PM₁₀ pada sore hari yang disebabkan oleh kegiatan antropogenik (Pohjola et al., 2002). Selain kegiatan antropogenik, peningkatan konsentrasi PM₁₀ juga disebabkan oleh penurunan temperatur dan penurunan kecepatan angin sehingga menyebabkan proses difusi dan dispersi berkurang.



Sumber Data : Hasil Analisis, 2020

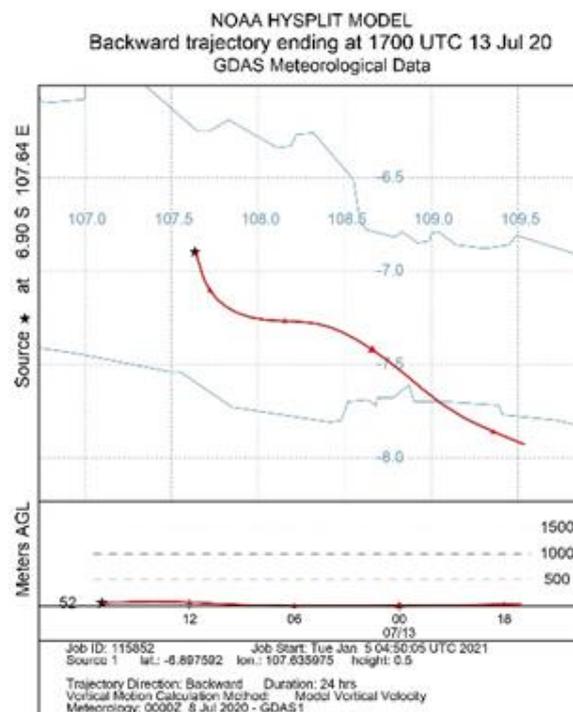
Gambar 4. Rata-Rata Per Jam Konsentrasi PM₁₀ dan Kecepatan Angin

Konsentrasi PM₁₀ terus meningkat sampai dengan pukul 10 malam karena saat matahari terbenam kondisi udara sudah menjadi stabil sehingga tidak ada lagi proses difusi maupun dispersi yang terjadi. Kondisi udara stabil terjadi pada malam hari ketika massa udara yang lebih panas di atas massa udara yang lebih dingin sehingga membentuk *nocturnal boundary layer* (NBL) dengan ketinggian seringkali serendah 100 meter (Saxena et al., 2018). NBL mendukung stagnasi yang menyebabkan peningkatan konsentrasi PM₁₀ pada malam maupun dini hari, meskipun emisi dari lalu lintas tidak tinggi, sehingga konsentrasi PM₁₀ di NBL tetap terperangkap hingga matahari terbit (Yadav et al., 2014). Pada satu kasus terjadi peningkatan konsentrasi PM₁₀ pada waktu dini hari yang signifikan, konsentrasi PM₁₀ yang tinggi pada malam maupun dini hari dapat disebabkan oleh kecepatan angin yang rendah maupun kondisi udara yang stabil sehingga menyebabkan konsentrasi terakumulasi (Pohjola et al., 2002).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa kelembaban yang tinggi memiliki pengaruh terhadap *removal* konsentrasi PM₁₀ (Lou et al., 2017), sedangkan pada penelitian ini kelembaban tidak memiliki pengaruh terhadap proses *removal* PM₁₀. Hal ini dikarenakan waktu penelitian dilakukan saat musim kemarau di mana saat musim kemarau curah hujan yang terjadi tidak tinggi. Proses *removal* yang disebabkan oleh

kelembaban yang tinggi juga berhubungan dengan curah hujan yang terjadi sebab dapat menyebabkan PM_{10} bertumbukan yang memengaruhi partikulat untuk mengumpulkan massa dan jatuh ke tanah daripada terbawa udara sehingga menyebabkan proses removal PM_{10} (Giri et al., 2008).

Konsentrasi PM_{10} dipengaruhi oleh *long range transport* (LRT) yang artinya dapat berpindah secara jauh dan dapat mencemari daerah lain selain sumber asalnya (Karaca et al., 2009). Angin merupakan salah satu faktor meteorologi yang berperan membawa polutan dari sumber menuju daerah tertentu, dalam hal ini meliputi kecepatan dan arah angin. Gambar 5. menunjukkan trayektori partikulat dari luar Kota Bandung berasal dari tenggara Jawa Barat, bergerak dari arah Kabupaten Cilacap lalu menuju Kabupaten Ciamis, Kabupaten dan Kota Tasikmalaya, Kabupaten Garut dan Kabupaten Bandung sebelum memasuki Kota Bandung. Wilayah-wilayah tersebut berpotensi menjadi sumber pencemar konsentrasi PM_{10} di Kota Bandung pada tanggal 13 Juli 2020.



Sumber : NOAA, 2020

Gambar 5. Trayektori Partikulat menuju Kota Bandung

Topografi dapat berpengaruh terhadap pergerakan polutan, karena Indonesia dikelilingi oleh pegunungan di bagian terluar Sumatera dan Jawa yang dikenal sebagai *ring of fire* (Nurlatifah et al., 2019), hal ini dapat mempengaruhi pula pergerakan polutan di sekitar pulau Jawa dan Sumatera. Pergerakan partikulat menuju Kota Bandung pada Gambar 5.

menunjukkan bahwa trayektori partikulat tidak bergerak lurus sesuai arah angin dari tenggara melainkan terlebih dahulu menuju arah barat melalui celah dataran yang lebih rendah sebelum akhirnya menuju Kota Bandung.

4. Simpulan

Distribusi temporal konsentrasi PM₁₀ di Itenas Bandung dengan variasi harian menunjukkan pola *bimodial* di mana terdapat dua kali jam puncak yaitu pukul 8 pagi dan pukul 10 malam. Tidak ada konsentrasi rata-rata harian PM₁₀ di Itenas Bandung yang melebihi baku mutu PP No 41/Tahun 1999 untuk pengukuran selama 24 jam sebesar 150 µg/m³. Sumber pencemaran tersebut terutama disebabkan oleh sektor transportasi. Faktor meteorologi seperti temperatur dan kecepatan angin juga memiliki pengaruh terhadap variabilitas temporal konsentrasi PM₁₀ antara lain dapat menyebabkan difusi dan dispersi partikulat, sedangkan kelembaban tidak memiliki pengaruh terhadap *removal* konsentrasi PM₁₀ saat musim kemarau. Wilayah yang dapat berpotensi menjadi sumber pencemar PM₁₀ yaitu Kabupaten Cilacap, Kabupaten Ciamis, Kabupaten dan Kota Tasikmalaya, Kabupaten Garut dan Kabupaten Bandung.

5. Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Particle Plus sehubungan dengan pemberian alat pengukuran Particle Plus EM-10000 yang digunakan dalam penelitian sebagai alat ukur konsentrasi PM₁₀, temperatur, dan kelembaban.

6. Kepengarangan

Dalam penelitian ini, penulis (1) berperan sebagai pembuat laporan dan penyusun data, sedangkan rekan penulis (2) menyempurnakan laporan.

Daftar Pustaka

- BPS. (2020). Kota Bandung Dalam Angka.
- EPA. (2019). Particulate Matter (PM) Pollution. Retrieved from <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM>
- Fauziah, D. A., Rahadjo, M., & Dewanti, N. A. Y. (2017). Analisis Tingkat Pencemaran Udara di Terminal Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 5(5), 561-570.
- Giri, D., Adhikary, P., & Murthy, V. (2008). The influence of meteorological conditions on PM10 concentrations in Kathmandu Valley.
- Ismiyati, I., Marlita, D., & Saidah, D. (2014). Pencemaran udara akibat emisi gas buang kendaraan bermotor. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik*, 1(3), 241-248.

- Karaca, F., Anil, I., & Alagha, O. (2009). Long-range potential source contributions of episodic aerosol events to PM₁₀ profile of a megacity. *Atmospheric Environment*, 43(36), 5713-5722.
- Lestari, P. (2003). Atmospheric particulate concentration measured in an urban area Bandung. *pure and applied geophysics*, 160(1-2), 107-116.
- Lou, C., Liu, H., Li, Y., Peng, Y., Wang, J., & Dai, L. (2017). Relationships of relative humidity with PM 2.5 and PM 10 in the Yangtze River Delta, China. *Environmental monitoring and assessment*, 189(11), 582.
- Matter, U. A. P. (2010). Origin, Chemistry, Fate and Health Impacts. In: by F. Zereini, CLS Wiseman (Heidelberg, Springer, Berlin, 2011).
- Morawska, L., Vishvakarman, D., & Swanson, C. E. (2007). Diurnal variation of PM₁₀ concentrations and its spatial distribution in the South East Queensland airshed. *Clean Air and Environmental Quality*, 41(4), 19-25.
- Nurlatifah, A., & Driejana, R. (2019). Penelusuran Trajektori Aerosol Di Kota Bandung Menggunakan HYSPLIT-4 Back Trajectory Model Studi Kasus: Kejadian Kabut Asap Tanggal 23-28 Oktober 2015. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 20(2), 91-99.
- Pohjola, M. A., Kousa, A., Kukkonen, J., Härkönen, J., Karppinen, A., Aarnio, P., & Koskentalo, T. (2002). The spatial and temporal variation of measured urban PM 10 and PM 2.5 in the Helsinki metropolitan area. *Water, Air and Soil Pollution: Focus*, 2(5-6), 189-201.
- Saxena, P., & Naik, V. (2018). *Air pollution: sources, impacts and controls*: CABI.
- Setiyo, H., & Sutrisno, E. (2009). Analisis Konsentrasi Particulate Matter 10 (Pm₁₀) Pada Udara Diluar Ruang (Studi Kasus: Stasiun Tawang-Semarang). *Teknik*, 30(1), 44-48.
- Turyanti, A. (2011). Analisis Pengaruh Faktor Meteorologi Terhadap Konsentrasi PM₁₀ Menggunakan Regresi Linier Berganda (Studi Kasus: Daerah Dago Pakar dan Cisaranten, Bandung) Analysis of The Influence of Meteorological Factors to PM₁₀ Concentration Using. *Agromet*, 25(1), 29-36.
- Unal, Y. S., Toros, H., Deniz, A., & Incekik, S. (2011). Influence of meteorological factors and emission sources on spatial and temporal variations of PM₁₀ concentrations in Istanbul metropolitan area. *Atmospheric Environment*, 45(31), 5504-5513.
- Wang, Y., Zhang, X., Sun, J., Zhang, X., Che, H., & Li, Y. (2015). Spatial and temporal variations of the concentrations of PM 10, PM 2.5 and PM1 in China. *Atmospheric Chemistry & Physics*, 15(23).
- WHO. (2005). WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005: summary of risk assessment.
- Yadav, R., Sahu, L. K., Jaaffrey, S. N. A., & Beig, G. (2014). Temporal variation of Particulate Matter (PM) and potential sources at an urban site of Udaipur in Western India.