

Analisis penyebaran *Particulate Matter* 10 (PM10) pascaerupsi Gunung Kelud 13 Februari 2014

*Analysis the spreading of Particulate Matter 10 (PM10) from the Eruption of
Kelud Volcano in 13 February 2014*

Kadarsah, Eko Heriyanto, dan Radyan Putra Pradana

Pusat Penelitian dan Pengembangan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
Jl. Angkasa I No. 2 Jakarta, 10720

ABSTRAK

Erupsi Gunung Kelud terjadi pada 13 Februari 2014 diawali oleh letusan freatomagmatik awal yang diikuti oleh erupsi magmatik yang menghasilkan aliran piroklastik dan jatuhnya piroklastik. Penelitian dan pengamatan kualitas udara di sekitar Gunung Kelud mutlak dilakukan untuk mengetahui dampaknya bagi lingkungan dan manusia. Oleh karena itu, pengamatan *Particulate Matter* 10 (PM10) dan parameter meteorologi telah dilakukan pada kecamatan terdampak erupsi di sekitar Gunung Kelud. Pengamatan berlangsung 16 - 21 Februari 2014 di Kecamatan Kepung, Wates, dan Nglegok. Selama observasi, tiap kecamatan memiliki kategori tersendiri untuk tiap hari. Kategori dibagi berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara Nasional (ISPU) dengan nilai ambang batas $150 \mu/m^3$. Kecamatan Kepung memiliki dua kategori sedang ($96,87 - 98,49 \mu/m^3$) dan empat tidak sehat ($123,61 - 181,93 \mu/m^3$). Kecamatan Wates memiliki dua kategori bahaya ($> 300 \mu/m^3$), satu tidak sehat ($146,70 \mu/m^3$) dan sedang ($89,77 \mu/m^3$). Kecamatan Nglegok memiliki tiga kategori sedang ($56,16 - 77,99 \mu/m^3$), dua baik ($43,66 - 46,41 \mu/m^3$) dan satu tidak sehat ($117,07 \mu/m^3$). Perbedaan konsentrasi PM10 akibat perbedaan dominasi arah dan kecepatan angin dari Gunung Kelud.

Kata kunci: erupsi Gunung Kelud, indeks standar pencemaran udara nasional, ISPU, *particulate matter* 10 (PM10)

ABSTRACT

The eruption of Kelud Volcano in February 2014 was characterized by initial phreatomagmatic eruptions followed by magmatic eruption which produced pyroclastic flows, and pyroclastic falls. Research and observation of air quality around Kelud Volcano must be conducted to determine the impact on the environment and humans. Therefore, observation of Particulate Matter 10 (PM10) and meteorological parameters has been carried out in three subdistricts affected by the eruption of Kelud Volcano. The observations took place 16 - 21 February 2014 in the subdistrict of Kepung, Wates, and Nglegok. During the observation, each subdistrict has its own category for every day. The Categories are divided according to the National Air Pollution Standards Index (ISPU) with a threshold value of $150 \mu/m^3$. Subdistrict Kepung has two moderates ($96.87 - 98.49 \mu/m^3$) and four unhealthly

kategori ($123.61 - 181.93 \mu/m^3$). District Wates has two hazardous ($> 300 \mu/m^3$), one unhealthy ($146.70 \mu/m^3$) and moderate ($89.77 \mu/m^3$) category. District Nglegok has three moderate ($56.16 - 77.99 \mu/m^3$), two good ($43.66 - 46.41 \mu/m^3$) and one unhealthy ($117.07 \mu/m^3$) category. The PM10 concentration differences due to differences in the dominance of wind direction and speed from Kelud Volcano.

Keyword: Eruption of Kelud Volcano, ISPU, National Air Pollution Standards Index, Particulate Matter 10 (PM10)

PENDAHULUAN

Secara administratif Gunung Kelud terletak di Kabupaten Kediri, Malang, dan Blitar (Muljana *et al.*, 2004). Gunung Kelud merupakan gunung api bertipe strato, yaitu gunung api yang terbentuk akibat erupsi yang berganti-ganti antara efusif dan eksplosif, sehingga memperlihatkan endapan batuan yang berlapis-lapis pada dinding kawahnya (Zaennudin *et al.*, 1992). Batuan yang berlapis ini berasal dari pembekuan lava dan effata yang silih berganti. Hampir semua gunung api di Indonesia merupakan tipe strato. Gunung Kelud adalah gunung api aktif tipe A, merupakan gunung api yang sering meletus (Kusumadinata *et al.*, 1979). Gunung Kelud berada pada $7^{\circ} 56' LS$ dan $112^{\circ} 18' 30'' BT$, dan memiliki ketinggian 1.731 m di atas permukaan laut.

Gunung api lain dengan tipe A yang terdapat di daerah ini adalah Gunung Arjuno-Welirang, tetapi gunung api tersebut tidak pernah meletus eksplosif secara hebat. Dalam sejarah manusia, letusan Gunung Kelud didominasi oleh letusan eksplosif yang menghasilkan endapan piroklastika dan umumnya diawali dengan tertumpahannya air serta endapan danau kawah. Letusan terakhir Gunung Kelud terjadi November 2007 menghasilkan kubah lava di dalam kawahnya sebelumnya berbentuk danau kawah dengan kapasitas air sebesar 3 juta m^3 dengan

keasaman netral (Zaennudin *et al.*, 2013). Sejak abad ke-10, letusan Gunung Kelud bersifat eksplosif yang berpusat di kawah yang berupa danau kawah. Catatan menunjukkan bahwa Gunung Kelud mengalami erupsi pada tahun 1586, 1901, 1919, 1951, 1966 serta kubah lava juga tercatat muncul pada tahun 1376 dan 1920 (Kusumadinata *et al.*, 1979), dan aktivitas gempa tahun 2007 (Hidayati *et al.*, 2009).

Peningkatan aktivitas Gunung Kelud sudah dideteksi pada akhir tahun 2013, namun kemudian kembali tenang, dan kemudian peningkatan aktivitas terjadi lagi, sehingga pada tanggal 2 Februari 2014 statusnya dinaikan dari Normal menjadi Waspada. Pada 10 Februari 2014, Gunung Kelud dinaikkan statusnya menjadi Siaga dan kemudian pada tanggal 13 Februari 2014 pukul 21.15 WIB dinaikkan menjadi Awas (Level IV), sehingga radius 10 km dari puncak harus ditinggalkan oleh manusia. Hanya dalam waktu kurang dari dua jam, pada pukul 22.50 WIB terjadi letusan pertama.

Erupsi eksplosif ini seperti yang terjadi pada tahun 1990 menyebabkan hujan kerikil yang cukup lebat dirasakan warga di wilayah Kecamatan Ngancar dan Kepung, Kediri, Jawa Timur, bahkan hingga Kota Pare, Kediri. Selain itu, Kecamatan Wates juga mengalami kondisi yang sama, tempat ini merupakan tujuan pengungsian warga yang tinggal dalam radius

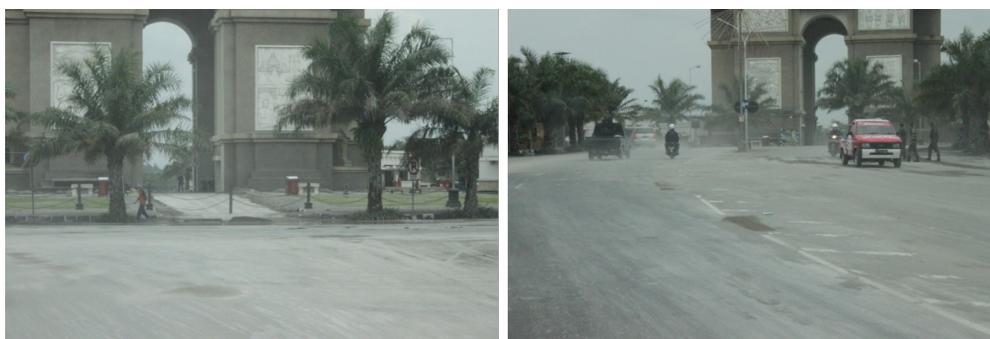
sampai 10 km dari kubah lava, sesuai rekomendasi dari Pusat Vulkanologi, Mitigasi, dan Bencana Geologi (PVMBG). Salah satu daerah yang paling parah terkena dampak erupsi di Kabupaten Malang adalah Kecamatan Ngantang dengan ketebalan debu mencapai 20 cm.

Suara ledakan dilaporkan terdengar hingga kota Solo dan Yogyakarta (berjarak 200 km dari pusat letusan), bahkan Purbalingga (lebih kurang 300 km), Jawa Tengah. Di wilayah Bantul, DIY, terjadi hujan abu vulkanik Gunung Kelud pada pagi hari tanggal 14 Februari 2014. Dampak abu vulkanik pada tanggal 14 Februari 2014 dini hari dilaporkan warga telah mencapai Kabupaten Ponorogo. Di Kota Yogyakarta, hampir seluruh wilayah tertutup abu vulkanik yang cukup tebal, melebihi endapan abu vulkanik dari erupsi Merapi pada tahun 2010. Gambar 1 menggambarkan kondisi Simpang Lima Gumul Kediri saat pengamatan 16 Februari 2014. Tampak dari gambar tersebut permukaan jalan di Simpang Lima Gumul dienuhi oleh pasir yang dikeluarkan saat erupsi. Ketebalan abu vulkanik di kawasan Yogyakarta dan Sleman bahkan diperkirakan lebih dari 2 cm. Dampak abu vulkanik juga mengarah ke

arah barat Pulau Jawa, dan dilaporkan sudah mencapai Kabupaten Ciamis, Bandung, Bogor dan beberapa daerah lain di Jawa Barat. Terkait kejadian tersebut Puslitbang-BMKG melakukan pengukuran data debu vulkanik ukuran 10 mikron (*Particulate Matter 10 micron*, PM10) dan parameter cuaca (suhu, kelembapan, kecepatan dan arah angin, dan curah hujan). Sedangkan untuk mendukung analisis pengamatan ini diperlukan juga data kualitas udara ambien tahun 2013 yang diperoleh dari Kantor Badan Lingkungan Hidup Daerah (BLHD) Kota Kediri.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengukuran debu vulkanik dan parameter cuaca pada tiga wilayah di sekitar Gunung Kelud yang dilaksanakan pada tanggal 16-21 Februari 2014. Pengukuran partikel debu vulkanik yang berukuran $< 10 \mu\text{m}$ atau *Particulate Matter 10* (PM10) dilakukan dengan menggunakan peralatan EPAM 5000 (*Environmental Particulate Air Monitor*), sedangkan pengukuran parameter cuaca menggunakan alat PWS (*Portable Weather Station*). Pengukuran ini dilaksanakan



Gambar 1. Kondisi Simpang Lima, Gumul, Kabupaten Kediri pascaerupsi Gunung Kelud pada 16 Februari 2014 (Sumber: Kadarsah, 2014).

di 3 lokasi yaitu: Kecamatan Wates (Kediri), Kecamatan Nglegok (Blitar), dan kecamatan Kepung (Kediri) (Tabel 1). Pemilihan lokasi ini mempertimbangkan faktor keamanan, aksesibilitas, ketersediaan sumber daya listrik, dan cakupan wilayah sehingga alat ditempatkan di sebelah utara, barat dan selatan dari Gunung Kelud (Gambar 2).

Peta terdampak Gunung Kelud yang diperoleh dari Pusat Komando Bencana Gunung Kelud sebagai dasar penempatan peralatan pemantau PM10 dan PWS dapat dilihat pada Gambar 3.

Peralatan EPAM5000 dan PWS di tempatkan di halaman Kantor Koramil Kecamatan Wates (Gambar 4), Nglegok, dan Kepung. Alat PWS ditempatkan pada ketinggian 2 m diatas permukaan sedangkan EPAM pada ketinggian 50 cm. Penempatan PWS dan EPAM diupayakan tidak terpengaruh oleh kondisi sekitarnya sehingga dapat mewakili kondisi PM10 dan cuaca setempat. Peralatan EPAM 5000 diletakkan di atas kursi dengan tujuan untuk menghindari debu jalanan yang disebabkan oleh aktivitas manusia maupun kendaraan yang melintas di sekitar alat, sehingga dengan penempatan EPAM5000 dengan ketinggian ± 50 cm



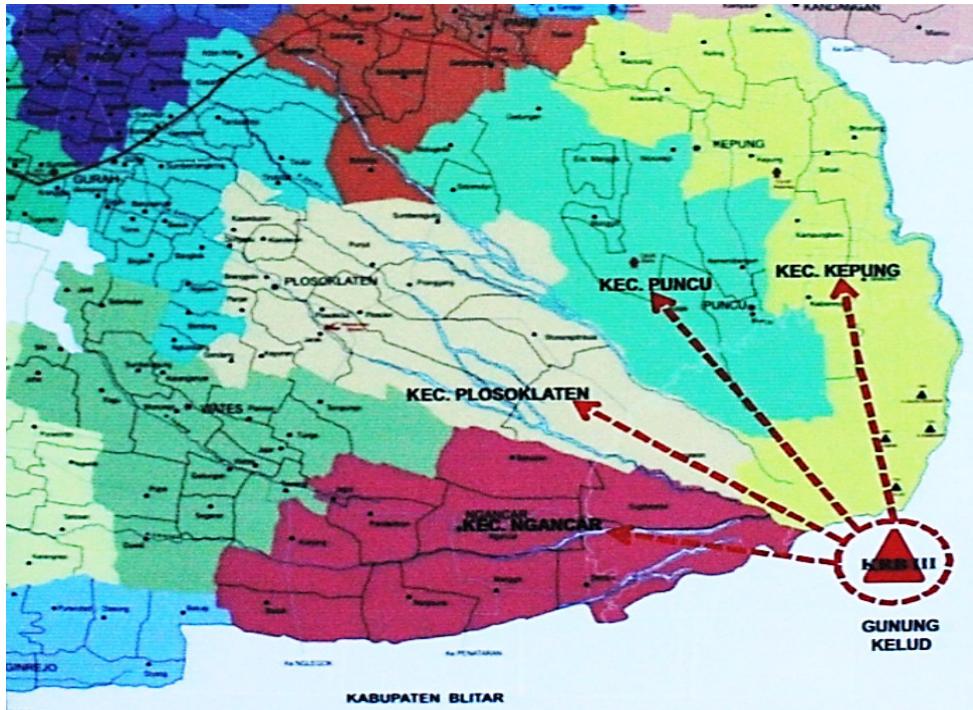
Gambar 2. Sebaran lokasi pengukuran dari posisi Gunung Kelud A. Kecamatan Kepung, Kediri; B. Kecamatan Wates, Kediri; C. Kecamatan Nglegok, Blitar dan D. posisi Kawah Gunung Kelud.

diharapkan mendapatkan debu vulkanik yang terpapar bebas di udara. Data yang dikumpulkan oleh PWS dan EPAM5000 disimpan dalam data logger tiap jam selama waktu pengamatan.

Skala Beaufort (Tabel 2) digunakan untuk mengamati sebaran PM10 akibat kecepatan angin yang teramati di lokasi pengamatan. Semakin rendah Skala Beaufort maka penyebaran PM10 akan terhambat. Selanjutnya, analisis standar pencemaran menggunakan Indeks Standar Pencemaran Udara Nasional (ISPU, Tabel 3). Tabel 4 untuk analisis PM10 ambien, kecepatan dan arah angin yang pengukurannya dilakukan oleh BLHD Kediri sejauh 35 Km dari Kawah Gunung Kelud, posisi penempatan alat ditunjukkan pada Gambar 5. Pengukuran dilaksanakan selama 4 hari pada tanggal 25 – 29 April 2013. Penggunaan data pembanding PM10 dan cuaca dari BLHD dilakukan untuk membantu analisis kondisi PM10 di sekitar Gunung Kelud. Data kualitas udara ambien dan parameter cuaca tahun 2013 yang diukur

Tabel 1. Lokasi peralatan pemantau PM10 di Gunung Kelud

Lokasi pengamatan	Arah terhadap Gunung Kelud	Estimasi jarak dari Gunung Kelud (km)
Kec. Kepung, Kediri	Utara	15
Kec. Wates, Kediri	Barat	18,5
Kec. Nglegok, Blitar	Selatan	14,5



Gambar 3. Peta terdampak Gunung Kelud. Arah panah merah menunjukkan arah sebaran debu vulkanik Gunung Kelud. Masing-masing kecamatan yang terdampak bencana Gunung Kelud diidentifikasi dengan warna berbeda. (Sumber: Pusat Komando Bencana Gunung Kelud, 2014).



Gambar 4. Lokasi penempatan alat EPAM5000 (kiri) dan PWS (kanan) di Kecamatan Wates-Kediri.

Tabel 2. Skala Beaufort

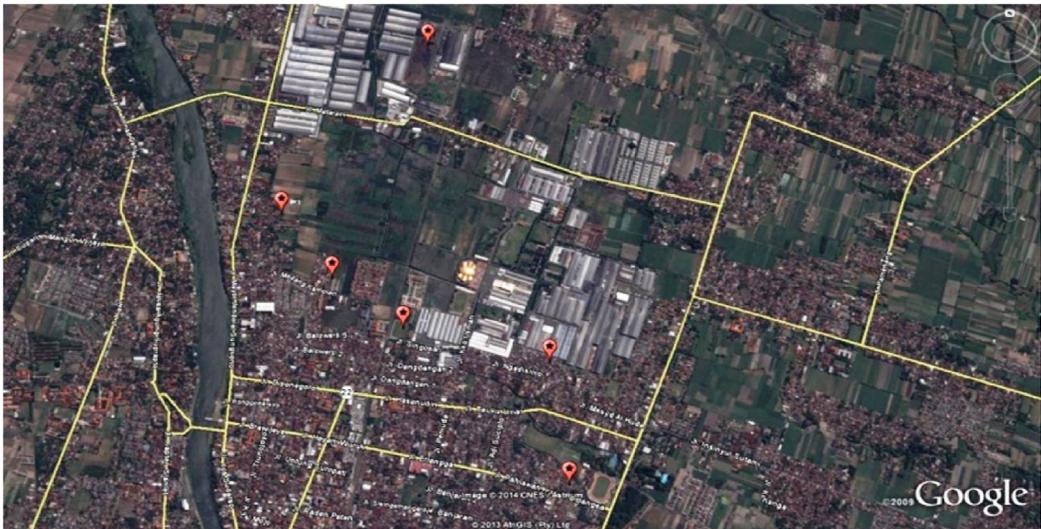
Skala Beaufort	Rentang kecepatan (m/s)			Deskripsi
0	0	-	1	Tenang
1	1	-	2	Sedikit tenang
2	2	-	3	Sedikit hembusan angin
3	4	-	5	Hembusan angin pelan
4	6	-	8	Hembusan angin sedang
5	9	-	11	Hembusan angin sejuk
6	11	-	14	Hembusan angin kuat
7	14	-	17	Mendekati kencang
8	17	-	21	Kencang
9	21	-	24	Kencang sekali
10	25	-	28	Badai
11	29	-	32	Badai dahsyat
12	33	-		Badai topan

Tabel 3. Indeks Standar Pencemaran Udara Nasional (ISPU) (Republik Indonesia, 1999)

Kategori	Rentang			Partikulat
Baik	0	-	50	Tidak ada efek
Sedang	51	-	100	Terjadi penurunan pada jarak pandang
Tidak Sehat	101	-	199	Jarak pandang turun dan terjadi pengotoran debu di mana-mana
Sangat Tidak Sehat	200	-	299	Meningkatnya sensitivitas pada pasien berpenyakit asthma dan bronhitis
Berbahaya	300	-	lebih	Tingkat yang berbahaya bagi semua populasi yang terpapar

Tabel 4. Pengukuran PM10 ambien, Kecepatan angin dan arah angin oleh BLHD Kabupaten Kediri Tahun 2013

No	Lokasi	Parameter		
		Debu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Kecepatan angin (m/s)	Arah angin
1	Mataram	43	0,7	barat daya
2	Dandangan	13	0,8	utara
3	Balowerti	13	0,6	barat
4	Semampir	19	0,8	barat
5	Ngadisimo	15	0,7	barat
6	TM Pahlawan	34	0,9	barat



Gambar 5. Posisi alat ukur PM10, kecepatan dan arah angin di sekitar Kota Kediri yang dilakukan oleh BLHD Kediri dengan jarak sejauh 35 km dari bibir kawah pada 25 - 29 April 2013. Data yang diperoleh digunakan sebagai data pembandingan dengan data setelah erupsi Gunung Kelud.

oleh BLHD, terletak di 6 lokasi di wilayah Kediri, yaitu Kelurahan Mataram, Dandangan, Balowerti, Semampir, Ngadisimo, dan Taman Data tersebut mewakili kondisi udara di sekitar Gunung Kelud sebelum erupsi. Hasil pengukuran BLHD Kediri terkait PM10 sebelum erupsi menunjukkan dalam kondisi baik. Nilai

tersebut masih di bawah ISPU yang merupakan standar nilai berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 (Republik Indonesia, 1999).

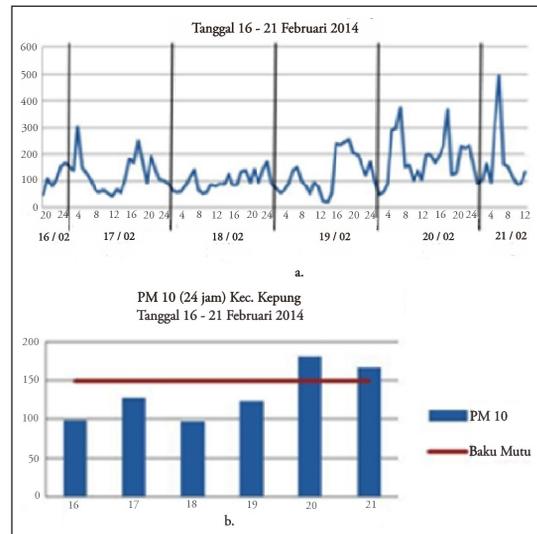
Intinya, data hasil pengamatan PWS digunakan untuk menganalisis penyebaran PM10

akibat erupsi Gunung Kelud sedangkan data pengamatan PM10 BLHD dibandingkan dengan data pengamatan dan digunakan sebagai pembandingan agar diketahui berapa konsentrasi sebelum dan setelah erupsi Gunung Kelud. Analisis konsentrasi PM10 menggunakan ISPU dan dihubungkan dengan pengaruhnya pada kesehatan manusia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Grafik konsentrasi PM10 di wilayah Kepung berfluktuasi pada kisaran 30 – 495 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pada kondisi siang, sore, dan malam hari (Gambar 6a) selama 16 - 21 Februari 2014. Puncak konsentrasi sebesar 495 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada pukul 06.00 WIB tanggal 21 Februari 2014. Grafik konsentrasi PM10 (Gambar 6b) menunjukkan bahwa pada tanggal 16 dan 18 Februari 2014 termasuk dalam kategori sedang dengan rentang nilai antara 51 - 100, yang berarti kualitas udara tidak berpengaruh pada kesehatan manusia dan hewan serta tumbuhan. Sedangkan konsentrasi PM10 pada tanggal 17, 19, 20, dan 21 Februari 2014 termasuk dalam kategori tidak sehat dengan rentang nilai 101 – 199, artinya kualitas udara bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang sensitif dan dapat menimbulkan kerusakan pada tumbuhan (PP No. 41 tahun 1999). Berdasarkan aturan tersebut maka di Kecamatan Kepung selama pengamatan 16 - 21 Februari 2014, hanya tanggal 20 - 21 Februari 2014 yang melebihi nilai ambang batas baku mutu.

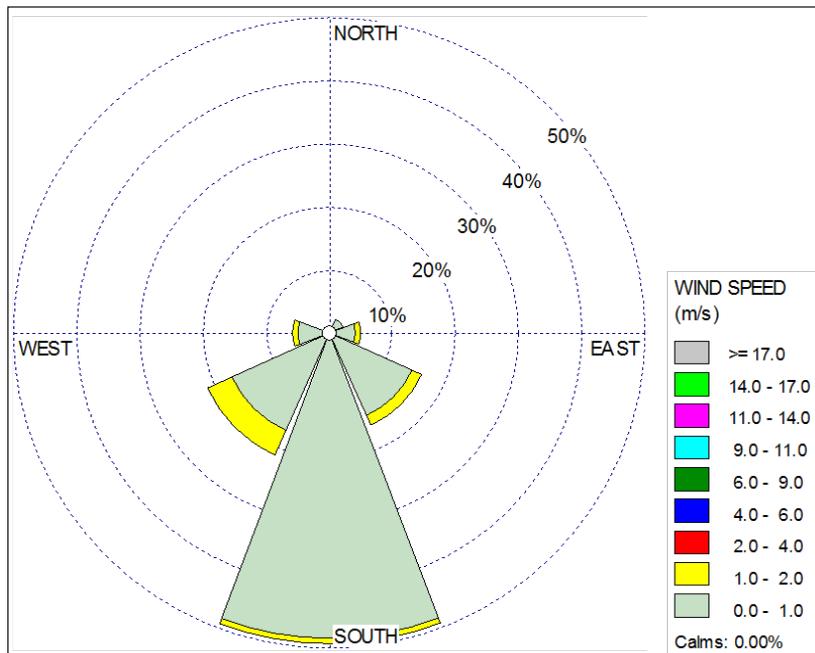
Selanjutnya, analisis angin dilakukan untuk mengetahui sebaran PM10. Gambar 7 menunjukkan mawar angin selama pengamatan di Kepung yang didominasi oleh kecepatan angin yang kurang dari 1 m/s atau skala 0 dalam Skala



Gambar 6. (a) Grafik konsentrasi PM10 selama 16 - 21 Februari 2014 dan (b) diagram konsentrasi PM10 selama 24 jam di Kecamatan Kepung dengan batasan baku mutu menurut PP No. 41/1999 (garis merah).

Beaufort (Tabel 2), dan angin berasal dari selatan dimana posisi Gunung Kelud berada. Jadi PM10 dan partikel debu lainnya dari erupsi Gunung Kelud disebarkan secara kuat menuju Kepung dan setelah sampai tidak disebarkan lagi secara kuat mengingat kecepatan angin kurang dari 1 m/s. Akibat kecepatan angin yang sangat rendah dan bersifat tenang dalam Skala Beaufort, PM10 dan partikel lainnya mengendap lebih banyak di Kecamatan Kepung.

Grafik konsentrasi PM10 di Wates berfluktuasi pada saat siang, sore, dan malam hari, dengan puncak konsentrasi sebesar 1703 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada tanggal 17 Februari 2014 pukul 14.00 WIB (Gambar 8a) dan konsentrasi mulai naik menjelang siang dan sore hari. Pada tanggal 16 - 17 Februari 2014 konsentrasi PM10 di Wates berada di atas ambang baku mutu udara yang



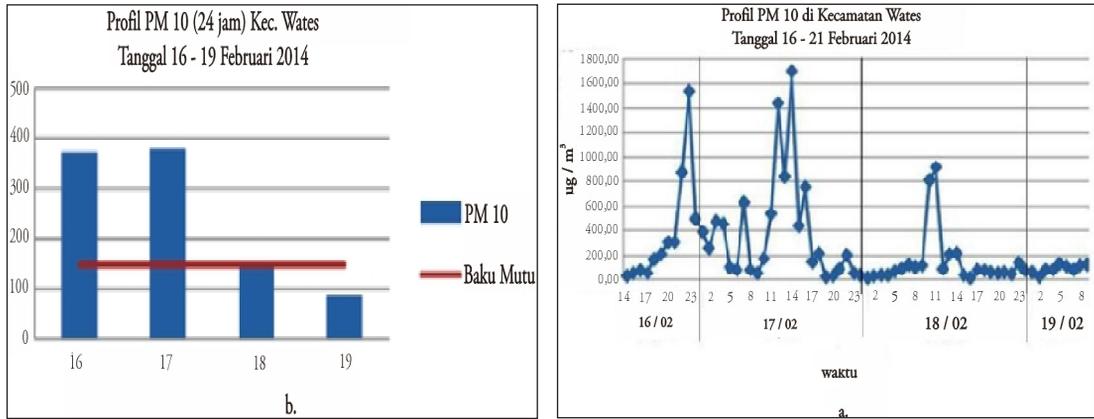
Gambar 7. Mawar angin selama pengamatan 16 - 21 Februari 2014 di Kecamatan Kepung.

ditetapkan yaitu maksimum $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Gambar 8b) dan termasuk kategori berbahaya (Tabel 3) dengan rentang nilai di atas 300 yang mengindikasikan bahwa tingkat kualitas udara berbahaya secara umum dan dapat merugikan kesehatan secara umum dan dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi manusia dan hewan, sedangkan tanggal 18 Februari 2014 termasuk dalam kategori tidak sehat dengan rentang nilai 101 – 199, kualitas udara ini bersifat merugikan pada kesehatan manusia, kelompok hewan yang sensitif, dan dapat menimbulkan kerusakan pada tumbuhan.

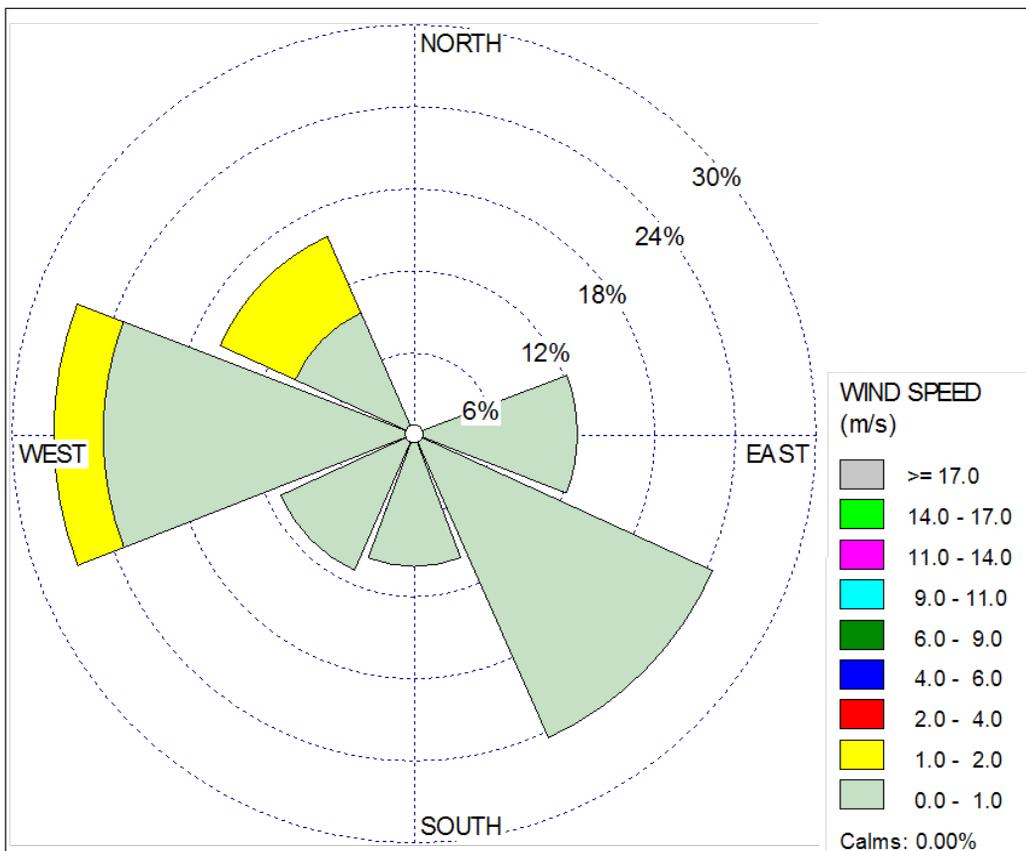
Pada tanggal 19 Februari 2014, kondisi kualitas udara di Wates termasuk dalam kategori sedang dengan rentang ISPU antara 51 - 100, yang berarti bahwa kualitas udara di lokasi ini tidak

berpengaruh pada kesehatan manusia, hewan serta tumbuhan (Tabel 3). Kondisi udara di Wates memiliki perbedaan yang nyata dengan kondisi udara di Kepung. Seiring dengan berjalannya waktu, PM10 di Kepung mengalami penurunan sedangkan di Wates mengalami peningkatan.

Gambar 9 menunjukkan mawar angin selama pengamatan di Wates (16-19 Februari 2014) yang didominasi kecepatan angin yang lemah (Tabel 2), kurang dari 1 m/s dan angin berasal dari tenggara dan barat daya. Jadi PM10 atau partikulat dari Gunung Kelud disebarkan secara kuat menuju Wates dan setelah sampai disebarkan lagi secara lebih kuat dengan arah angin berasal dari barat dan barat-laut dengan kecepatan angin mencapai 2 m/s.



Gambar 8. (a) Grafik konsentrasi PM10 selama 16 - 21 Februari 2014 dan (b) diagram konsentrasi PM10 selama 24 jam di Kecamatan Wates dengan batasan baku mutu menurut PP No. 41/1999 (garis merah).

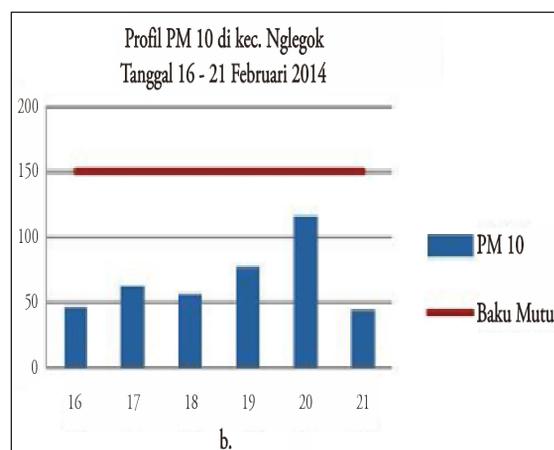
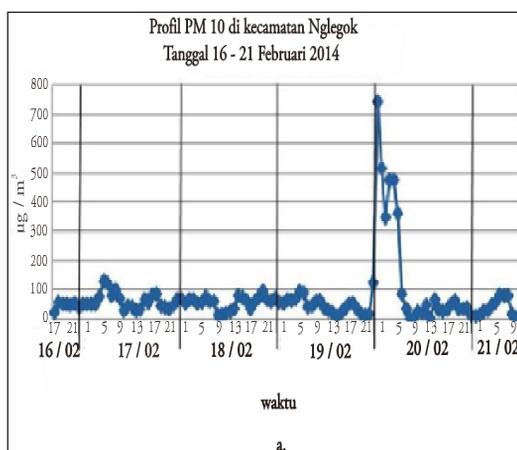


Gambar 9. Mawar angin selama pengamatan 16 - 19 Februari 2014 di Kecamatan Wates.

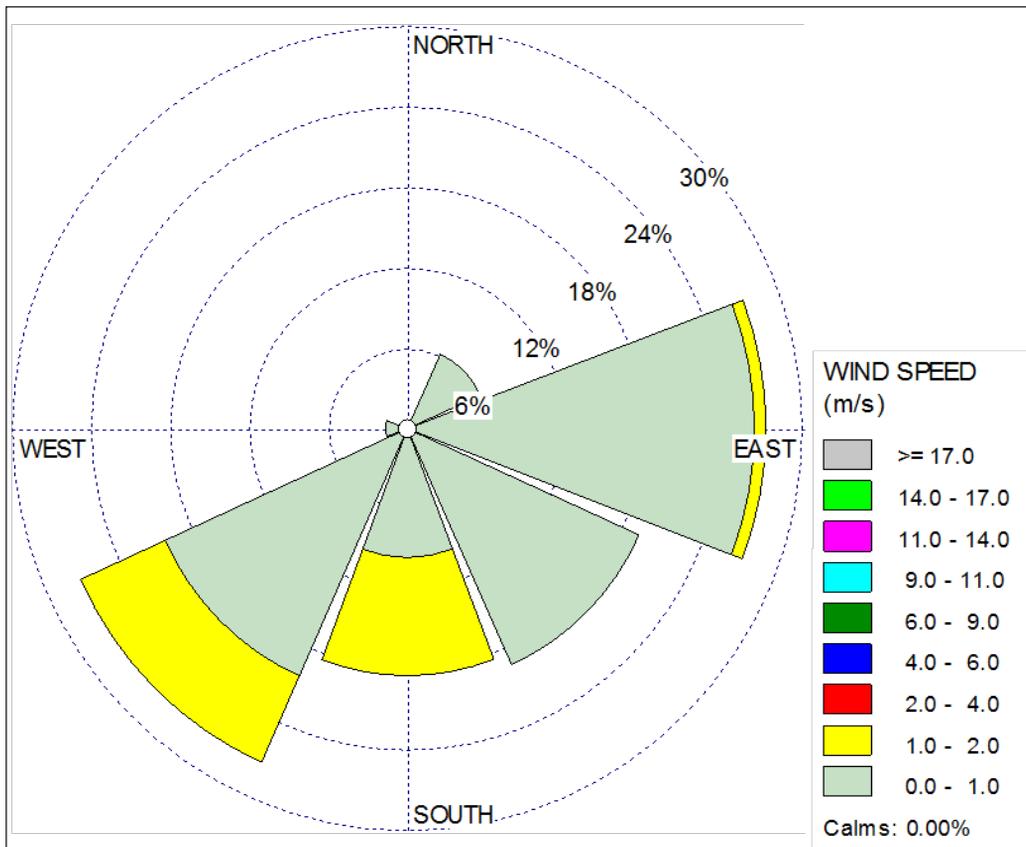
Grafik konsentrasi PM10 di Nglegok berfluktuasi pada kisaran 40 – 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pada saat siang, sore, dan malam hari. Puncak konsentrasi sebesar 744 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada pukul 24.00 WIB tanggal 20 Februari 2014 (Gambar 10a). Sepanjang periode pengamatan kondisi kualitas udara khususnya PM10 di wilayah Nglegok berada di bawah ambang baku mutu udara yang ditetapkan, yaitu 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Gambar 10b). Konsentrasi PM10 Nglegok menunjukkan bahwa konsentrasinya pada tanggal 16 Februari 2014 termasuk dalam kategori baik dengan rentang nilai antara 0 - 50, artinya kualitas udara tidak memberikan efek buruk bagi kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan. Pada tanggal 17 - 19 Februari 2014 termasuk dalam kategori sedang dengan rentang nilai di atas 51-100 yang mengindikasikan bahwa kualitas udara tidak berpengaruh pada kesehatan manusia dan hewan serta tumbuhan, sedangkan pada tanggal 20 Februari 2014 termasuk dalam kategori tidak sehat dengan rentang nilai 101 – 199, arti-

nya kualitas udara bersifat merugikan terhadap manusia ataupun kelompok hewan yang sensitif dan dapat menimbulkan kerusakan pada tumbuhan. Pada tanggal 21 Februari 2014 kualitas udara Nglegok kembali menurun dan termasuk dalam kategori baik (Tabel 3).

Gambar 11 menunjukkan mawar angin selama pengamatan di Nglegok (16 - 21 Februari 2014) yang didominasi kecepatan angin yang lemah (Tabel 2), kurang dari 1 m/s dan angin berasal dari timur dan tenggara. Sedangkan angin dari arah selatan dan barat daya mencapai kecepatan maksimum 2 m/s. Jadi, PM10 atau partikulat dari Gunung Kelud disebarkan secara kuat menuju Nglegok di sebelah barat dan selatan Gunung Kelud. Setelah sampai di Nglegok, kemudian disebarkan lagi secara lebih kuat oleh angin barat daya dan selatan disertai peningkatan kecepatan angin sampai mencapai 2 m/s. Akibatnya, PM10 yang terkonsentrasi lebih tersebar dan tidak terkonsentrasi di lokasi pengamatan.



Gambar 10. (a) Grafik konsentrasi PM10 selama 16 - 21 Februari 2014 dan (b) diagram konsentrasi PM10 selama 24 jam di Kecamatan Nglegok dengan batasan baku mutu menurut PP No. 41/1999 (garis merah).



Gambar 11. Mawar angin selama pengamatan 16 - 19 Februari 2014 di Kecamatan Nglegok

Rata-rata harian (24 Jam) PM₁₀ di tiga lokasi pengamatan di sekitar Gunung Kelud ditampilkan pada Tabel 5. Berdasarkan standar baku mutu PP No. 41/1999 terlihat bahwa PM₁₀ di Wates memiliki kategori bahaya, bagi semua populasi yang terpapar. Sedangkan, tanggal 20-21 Februari 2014 tidak bisa dilakukan pengamatan PM₁₀ di lokasi yang sama karena alat rusak.

Secara umum ketiga lokasi, yaitu Kepung, Wates, dan Nglegok selama pengamatan meng-

alami kondisi tidak sehat yang diindikasikan oleh jarak pandang turun dan terjadi pengotoran debu dimana-mana. Berdasarkan analisis kondisi udara melalui nilai ISPU, daerah yang mengalami kondisi dengan urutan terparah adalah Wates, Kepung dan terakhir Nglegok. Kondisi tersebut akibat pengaruh arah dan kecepatan angin yang membawa PM₁₀ dan partikel debu vulkanik lainnya dari Gunung Kelud ke arah barat dan utara dari Gunung Kelud serta proses penyebarannya yang tidak merata.

Tabel 5. Rata-rata harian PM10 di tiga lokasi pengamatan sekitar Gunung Kelud

Tanggal	Lokasi		
	Kepung	Wates	Nglegok
16 - 2 - 2013	98,49	374,71	46,41
17 - 2 - 2013	127,03	383,95	63,09
18 - 2 - 2013	96,87	146,70	56,16
19 - 2 - 2013	123,61	89,77	77,99
20 - 2 - 2013	181,93	alat rusak	117,07
21 - 2 - 2013	166,04	alat rusak	43,66

Keterangan: ■ Berbahaya ■ Tidak Sehat ■ Baik
■ Sangat Tidak Sehat ■ Sedang

KESIMPULAN

Berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU), setelah meletusnya Gunung Kelud, kondisi kualitas udara akibat debu vulkanik berkategori baik, sedang, tidak sehat sampai dengan berbahaya dengan rentang nilai 43,66-383,95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan, sebelum meletus, kualitas udara di Kabupaten Kediri pada tahun 2013 termasuk dalam kategori baik dengan rentang nilai 0 – 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Selama periode pengamatan (16 – 21 Februari 2014) di Wates memiliki kondisi kualitas udara berkategori berbahaya, sedangkan di Nglegok dan Kepung dalam kategori baik, sedang, dan tidak sehat. Kondisi kualitas udara berbeda tersebut akan menyebabkan perbedaan pengaruh terhadap manusia, hewan dan tumbuhan.

Faktor utama yang mengakibatkan tingginya ISPU di lokasi pengamatan adalah hembusan

angin yang membawa debu vulkanik/PM10 yang berasal dari erupsi Gunung Kelud dan saat tiba di lokasi pengamatan tidak disebarkan secara merata dan kuat akibat rendahnya kecepatan angin.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih diucapkan kepada Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG Dr. Masturyono atas izinnya untuk melakukan penelitian, serta Dr. Dodo Gunawan, Jose Rizal, dan Utoyo Ajie Linarka atas segala bantuan dan dukungannya. Terima kasih juga diucapkan untuk Pusat Komando Bencana Gunung Kelud, Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Kediri atas informasi tentang bencana Gunung Kelud dan para Komandan Komando Rayon Militer Kepung, Nglegok, dan Wates atas kesediaannya menyediakan lokasi pengamatan serta keamanan yang diberikan untuk alat pengamatan cuaca dan PM10.

ACUAN

Hidayati, S., Basuki, A., Kristianto, and Mulyana, I., 2009, Emergence of Lava Dome from the Crater Lake of Kelud Volcano, East Java. *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 4 No. 4 Desember 2009, P. 229-238

Kusumadinata, K., Hadian, R., Hamidi, S., dan Reksowirogo, L.D., 1979, *Data Dasar Gunung api Indonesia*, Bandung: Direktorat Vulkanologi.

Mulyana, A.R., Nasution, A., Martono, A., Sumpe-
na, A.D., Purwoto, dan Santoso, M. S., 2004, *Vol-
canic Hazards Map of Kelud Volcano, East Java Prov-
ince*. Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana
Geologi.

Republik Indonesia, 1999, *Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang pengendalian udara*, Menteri Sekretaris Negara Republik Indonesia, Jakarta

Zaennudin, A., Dana, I.N., dan Wahyudin, D., 1992, *Geological Map of Kelud Volcano*, East Java. Bandung. Direktorat Vulkanologi.

Zaennudin, A., Primulyana, S., dan Siregar, D., 2013, Letusan Gunung Kelud pada 690 ± 110 ta-
hun yang lalu merupakan letusan yang sangat dahsy-
at dan sangat berdampak pada Kerajaan Majapahit,
Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi, Vol. 4 No. 2
Agustus 2013, hal. 117 – 133.