

Karakteristik erupsi dan potensi bahaya Gunung Dukono, Halmahera, Maluku Utara

Eruption characteristic and potential hazards of Mount Dukono, Halmahera, North Maluku

Deden Wahyudin

Badan Geologi, Jln. Diponegoro 57 Bandung 40122

ABSTRAK

Gunung Dukono (1087 m dpl.) dengan kawah aktif Malupang-Warirang merupakan salah satu gunung api aktif dan sering meletus sampai saat ini, terletak di wilayah Kabupaten Halmahera Utara, Provinsi Maluku Utara. Gunung api ini merupakan yang paling muda dan masih aktif di antara gunung api lainnya yang sudah tidak aktif yang tumbuh dalam suatu zona depresi vulkanik. Dari data geologi yang tercermin dari batuan penyusun Kompleks Gunung Dukono-Warirang dan sejarah erupsi Gunung Dukono sejak 1550 sampai saat ini, karakteristik erupsi gunung api ini bersifat eksplosif dan efusif yang menghasilkan abu, lontaran batu pijar, aliran piroklastika, dan aliran lava. Dengan memperhatikan jenis, volume, dan pelamparan produk erupsi di masa lalu maupun sampai sekarang, erupsi Gunung Dukono dapat diklasifikasikan ke dalam erupsi eksplosif dan efusif bertipe Stromboli – Vulkano berskala kecil sampai menengah. Potensi bahaya primer erupsi Gunung Dukono terdiri atas aliran piroklastika (awan panas), jatuhnya piroklastika (lontaran batu dan abu vulkanik), gas beracun, dan aliran lava. Sedangkan jenis bahaya sekunder adalah aliran lahar. Dari potensi bahaya erupsi Gunung Dukono teridentifikasi tiga kawasan rawan bencana gunung api, yaitu Kawasan Rawan Bencana III, II, dan I.

Kata kunci: Dukono, karakteristik erupsi, potensi bahaya, Maluku Utara

ABSTRACT

Mt. Dukono (1087 m asl) with the active crater Malupang-Warirang is an active volcano and often erupting up to now, located in North Halmahera Regency, North Maluku Province. This volcano is the youngest and still active in between the other dormant volcanoes which is located and appeared in a volcanic depression zone. From geological data which shown by the rock composition of Dukono-Malupang Warirang volcanic complex and historical eruption of Dukono volcano since 1550 up to present time, the eruption characteristic of Dukono volcano is explosive and effusive, produced ash, ejection of incandescent rocks, pyroclastic flows, and lava flows. Based on the type, volume, and distribution of the last eruption products of Dukono volcano, the eruption of the volcano is classified as explosive and effusive eruptions with Strombolian-Vulcanian types from small to medium in scale. The potential primary hazard of Dukono eruption consists of pyroclastic flows (nue ardantes), pyroclastic falls (ballistic rocks and volcanic ash), poisonous gas and lava flows. Whereas the secondary hazards are lahar flows. From the potential hazards of Dukono eruption can be identified there are three volcanic hazard zones namely Volcanic Hazard Zones III, II, and I.

Keywords: Dukono, eruption characteristic, potential hazards, North Maluku

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Gunung Dukono atau nama lain Doekono, Dukoko, Dodoeko, Dukoma, Tala, dan Tolo (Kusumadinata *et al.*, 1979) merupakan salah satu gunung api aktif tipe A yang berada di ujung utara Pulau Halmahera. Secara administratif gunung api ini terdapat di wilayah Kabupaten Halmahera Utara, Provinsi Maluku Utara.

Gunung Dukono merupakan gunung api paling muda di antara gunung api lainnya yang sudah tidak aktif yang tumbuh dalam zona depresi vulkanik. Gunung api lainnya yang tumbuh dalam zona depresi tersebut adalah Gunung Mede, Gunung Gogodom, Gunung Dilekene, Gunung Telori, Gunung Mancile, dan Gunung Kariang yang membentuk Kompleks vulkanik Dukono.

Aktivitas vulkanik Gunung Dukono saat ini berlangsung di Kawah Malupang Warirang yang berbentuk hampir bulat. Berdasarkan karakteristik erupsinya, Gunung Dukono termasuk gunung api yang bersifat eksplosif dan efusif. Dari data sejarah kegiatannya Gunung Dukono cukup sering meletus, bahkan sampai beberapa tahun terakhir ini erupsi masih sering terlihat.

Dalam catatan sejarah kegiatannya Gunung Dukono pernah mengalami letusan cukup besar di antaranya terjadi pada tahun 1550 dan 1933 yang mengakibatkan banyak daerah di sekitarnya rusak. Menurut Van Padang (1939, dalam Kusumadinata *et al.*, 1979), letusan Gunung Dukono tahun 1550 mengakibatkan Gunung Mamuya yang berjarak lk. 10 km di sebelah utara Gunung Dukono yang sebelumnya

dipisahkan oleh selat, menjadi bersatu dengan Pulau Halmahera oleh produk letusannya berupa aliran lava dan mungkin juga aliran piroklastika (Surmayadi *et al.*, 1998).

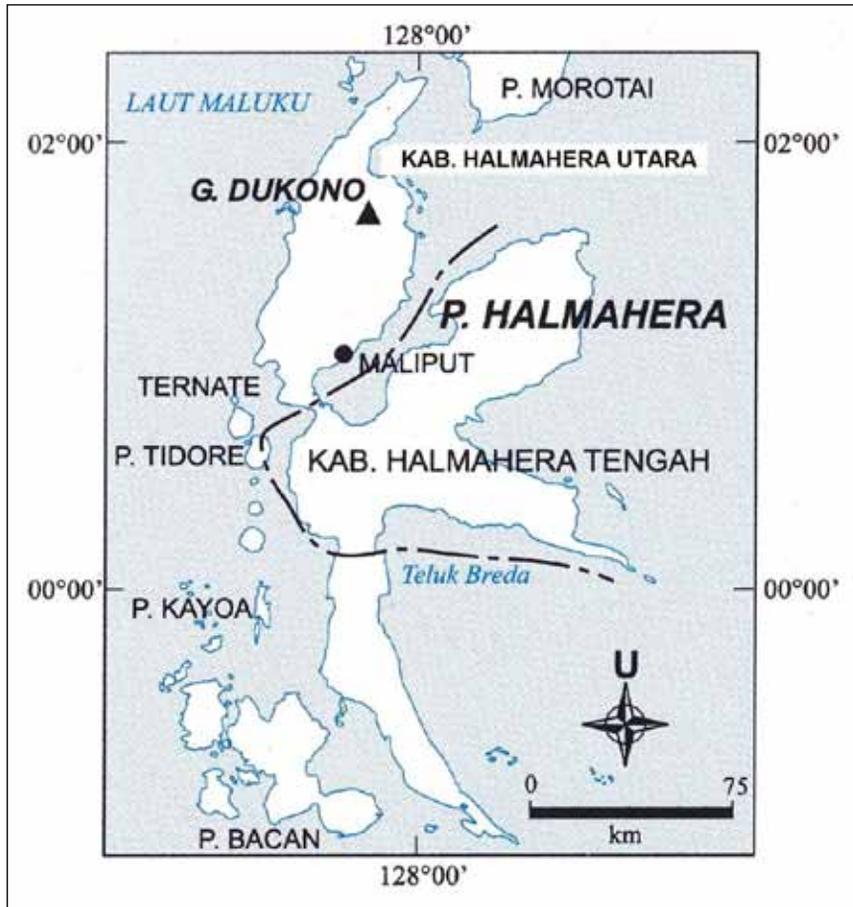
Potensi bahaya Gunung Dukono yang akan datang dapat diperkirakan berdasarkan data geologi Kompleks Gunung Dukono maupun sejarah erupsi Gunung Dukono sejak tahun 1550 sampai saat ini. Dalam rangka mitigasi bencana erupsi Gunung Dukono dilakukan pula identifikasi Kawasan Rawan Bencana Gunung Dukono.

Lokasi dan Pencapaian Daerah

Gunung Dukono (+ 1087 m dpl) secara administratif termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Halmahera Utara, Provinsi Maluku Utara, meliputi dua kecamatan, yakni Kecamatan Galela, dan Kecamatan Tobelo Utara (Gambar 1). Posisi geografis puncak Gunung Dukono (posisi Kawah Malupang - Warirang), terletak pada koordinat 01°42' Lintang Utara, dan 127°52'00" Bujur Timur (Kusumadinata *et al.*, 1979; Rasyid, 1990),

Gunung Dukono dapat dicapai dari Pulau Ternate menuju Kota Sofifi, Ibukota Provinsi Maluku Utara di Pulau Halmahera. Dari Sofifi dilanjutkan dengan jalan darat ke arah utara Pulau Halmahera menuju Kecamatan Tobelo dan Galela, Kabupaten Halmahera Utara.

Untuk sampai di puncak Gunung Dukono (kawah Malupang - Warirang), umumnya perjalanan dilakukan dari Desa Mamuya, tempat Pos Pengamatan Gunung api Dukono berada dengan ketinggian lk. 10 m dpl. Pendakian gunung api ini dilakukan melalui lereng bagian utara. Lama perjalanan lk. 8 jam, melewati perkebunan penduduk dan hutan belukar.



Gambar 1. Lokasi Gunung Dukono di Halmahera Utara, Provinsi Maluku Utara.

Metode Penyelidikan

Dari data geologi Kompleks Gunung Dukono oleh para penyelidik terdahulu seperti van Padang (1951) dan Surmayadi *et al.* (1998) serta didukung catatan sejarah kegiatan vulkanik Gunung Dukono sejak 1550 sampai saat ini, maka secara umum dapat diketahui karakteristik erupsinya. Berdasarkan data itu dapat diperkirakan pula tipe erupsi dan potensi bahaya Gunung Dukono yang akan datang. Selain bahaya erupsi langsung (primer) kemungkinan terjadi pula bahaya tidak langsung (sekunder) yang dapat menimbulkan bencana.

Dalam upaya mitigasi bencana gunung api, dilakukan pemetaan kawasan rawan bencana Gunung Dukono dengan cara mengidentifikasi beberapa kawasan di sekitar Gunung Dukono berdasarkan tingkat kerawannya.

GEOLOGI KOMPLEKS GUNUNG DUKONO

Gunung Dukono dengan kawahnya bernama Malupang Warirang merupakan salah satu gunung api termuda di kompleks gunung api yang tumbuh di dalam zona depresi vulkanik berbentuk tapal kuda dengan bukaan ke arah

timur laut. Gunung api lainnya yang tumbuh dalam zona depresi ini dan sekarang sudah tidak aktif adalah: Gunung Mede (1.000 m), Gunung Gogodam (1.100 m), Gunung Dilekene, Gunung Telori (750 m), Gunung Mancile, dan Gunung Kariang yang membentuk Kompleks Gunung Dukono (Surmayadi *et al.*, 1998). Di sekitar puncak Gunung Dukono (Gambar 2), terdapat sejumlah kawah yang beberapa diantaranya telah padam, yaitu Tanah Lapang, Dilekene A dan B, Malupang Magiwe (C), Telori (D), Heneowara (G) dan kawah yang masih Aktif Malupang-Warirang.



Gambar 2. Morfologi Gunung Dukono terletak di antara Gunung Mede (kiri) dan Gunung Gogodom (kanan). Bagian paling kanan adalah morfologi bagian lereng Gunung Balewale (sumber: Deden Wahyudin).

Kawah Malupang-Warirang di puncak Gunung Karirang merupakan pusat kegiatan dan kawah paling aktif di Kompleks Gunung Dukono saat ini. Lokasi kawah ini terletak pada ketinggian antara 1.000 - 1.100 m dpl, berbentuk corong dengan diameter antara 400 – 500 m dan kedalamannya lk. 150 – 250 m. Dasar kawah terisi bahan-bahan vulkanik lepas seperti abu, pasir, lapili dan bongkah-bongkah lava.

Secara garis besar morfologi Kompleks Gunung Dukono dan sekitarnya dapat dibagi menjadi

dua, yaitu Morfologi Gunung api Tua diantaranya Gunung Mamuya, (Gambar 3) dan Morfologi Kompleks Gunung Dukono.

Morfologi Kompleks Gunung Dukono, merupakan kumpulan gunung api yang tumbuh di dalam suatu zona depresi. Masing-masing gunung api tersebut merupakan titik erupsi yang berpindah dari satu lokasi ke lokasi lainnya di dalam zona depresi. Morfologi Kompleks Gunung Dukono terbagi dua, yaitu Morfologi Perbukitan Dukono tua (Gunung Mede, Gunung Gogodom, Gunung Dilekene, Gunung Telori dan Gunung Mancile) dan Morfologi Perbukitan Dukono (meliputi Gunung Kariang dan Gunung Dukono dengan Kawah Malupang Warirang berada di dalam Kawah Kariang).

Sungai-sungai yang terdapat di bagian tubuh Gunung Dukono memperlihatkan pola aliran radier-sub radier, umumnya sangat terjal, akan tetapi mulai dari ketinggian lk. 100 m dpl. ke bawah semakin melandai dan melebar di dekat muaranya.

Pembentukan Gunung Dukono erat kaitannya dengan gunung api lainnya di Kompleks Gunung Dukono (Gambar 4) yang tumbuh dalam



Gambar 3. Morfologi Gunung Mamuya (kanan) yang merupakan gunung api tua terletak di sebelah utara Kompleks Gunung Dukono (sumber: Deden Wahyudin).

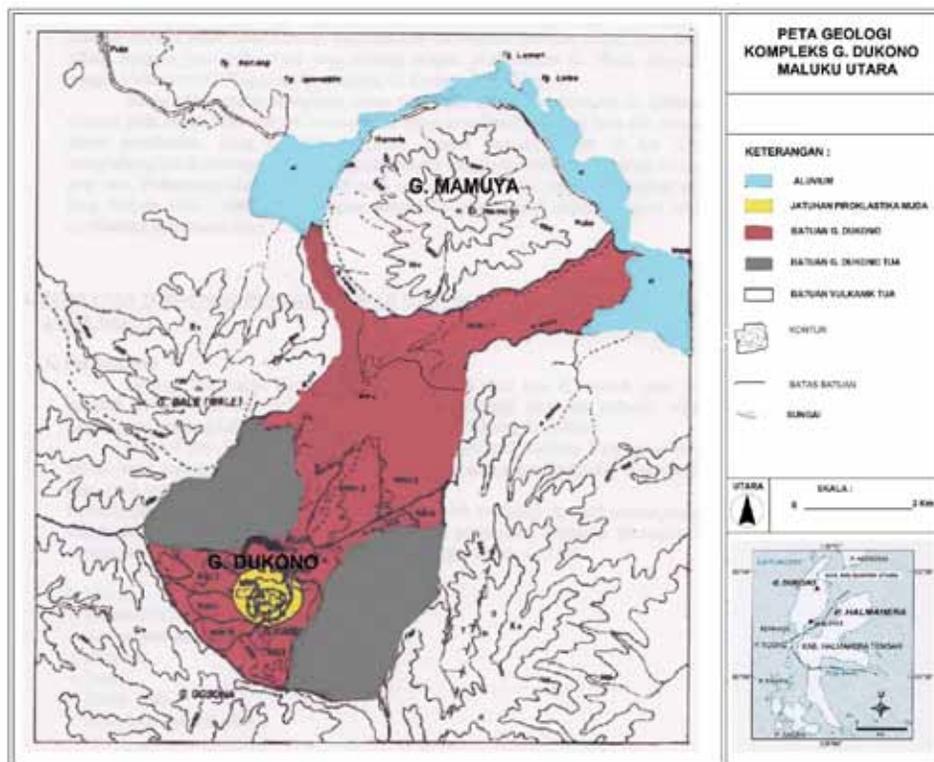
suatu zona depresi. Vulkanisme di dalam zona depresi tersebut berpindah-pindah membentuk suatu jalur berarah barat laut-tenggara dengan jarak lk. 1,25 – 2,5 km. Vulkanisme pertama terjadi pada Gunung Mede yang menghasilkan beberapa aliran lava andesitis. Titik erupsi berpindah ke arah barat laut membentuk Gunung Gogodom, menghasilkan beberapa aliran lava andesitis – basaltis serta kerucut sinder Dilekene dan Telori.

Vulkanisme di Gunung Mancile dimulai dengan erupsi efusif, menghasilkan aliran lava andesitis-basaltis, serta kerucut sinder Mancile. Titik erupsi berpindah ke arah tenggara membentuk Gunung Kariang, menghasilkan beberapa aliran lava andesit-basaltis. Pembentukan

Gunung Dukono terletak pada Kawah Gunung Kariang, yang erupsinya tercatat dalam sejarah dimulai pada tahun 1550 dengan erupsi besar yang menghasilkan aliran lava yang menghubungkan Pulau Halmahera dengan Gunung Mamuya yang sebelumnya berupa selat (Van Padang, 1939, dalam Kusumadinata *et al.*, 1979)

Menurut Surmayadi, dkk. (1998), produk Gunung Kariang dan Gunung Malupang-Warirang (merupakan 2 gumuk dari Gunung Dukono), didominasi oleh aliran lava andesitik dan andesit-basaltik, sedangkan produk minornya berupa aliran piroklastika dan jatuhnya piroklastika.

Batuan produk erupsi Gunung Dukono dikelompokkan ke dalam seri kalk-alkali sampai



Gambar 4 . Peta Geologi Kompleks G. Dukono (disederhanakan dari Surmayadi drr, 1998).

kalk-alkali kaya akan Kalium. Berdasarkan analisis kimia batuan, lava produk 1933, bom kerak roti yang diambil dari sekitar kawah dan abu produk erupsi paling akhir, semuanya berkomposisi andesit dengan kandungan $\text{SiO}_2 = 55,50 - 59,66\%$ (Zaennudin dan Purbawinata, 1992).

Contoh lava produk erupsi Gunung Dukono yang dianalisis oleh Prayitno dan Kraeff (1953, dalam Kusumadinata *et al.*, 1979) adalah berjenis basal hipersten – basal hipersten augit. Contoh lava lain berjenis andesit basaltik dengan kandungan SiO_2 sebesar 56,34% (Reksowirogo, 1971). Suhu solfatara di sekitar Kawah Tanah Lapang dan di Gunung Dilekene tercatat berkisar $86 - 96^\circ \text{C}$. Temperatur beberapa sumber mata air panas di sekitar Gunung Mamuya berkisar $35 - 68^\circ \text{C}$, pH umumnya normal (Direktorat Vulkanologi, 2000).

Struktur sesar di Kompleks Gunung Dukono berupa Sesar Normal yang merupakan suatu zona depresi yang membentuk tapal kuda terbuka ke arah timurlaut. Zona depresi ini memiliki diameter sekitar 7000 m yang di dalamnya tumbuh beberapa kerucut gunung api yang terangkum dalam Kompleks Gunung Dukono. Sesar Normal Gunung Kua terbentuk pada lereng bagian barat Gunung Kua yang membentuk suatu jalur sesar berarah barat laut – tenggara (Surmayadi *et al.*, 1998).

Paling sedikit terdapat 9 struktur kawah di daerah penyelidikan, yaitu Kawah Gunung Gosana, Kawah Gunung Mamuya, Kawah Gunung Mede, Kawah Tanah Lapang di Gunung Gogodom, Kawah Gunung Telori, Kawah Gunung Dilekene, Kawah Gunung Mancile, Kawah Gunung Kariang, dan Kawah Malupang Warirang (Gambar 5) di Gunung Dukono.



Gambar 5. Pematang Kawah Gunung Malupang Warirang dengan aliran lava muda terletak di bagian lerengnya (sumber: Deden Wahyudin, 2008).

KARAKTERISTIK ERUPSI GUNUNG DUKONO

Gunung Dukono termasuk gunung api yang sering meletus baik tercatat maupun yang tidak tercatat dalam sejarah. Aktivitas erupsi Gunung Dukono silih berganti antara erupsi eksplosif dan efusif yang menghasilkan endapan piroklastika dan aliran lava.

Sejak tahun 1550 sampai 1978 paling sedikit telah terjadi 12 kali erupsi Gunung Dukono. Letusan-letusan kecil sering terjadi sejak 1980 sampai beberapa tahun terakhir ini (Tabel 1 dan Gambar 6). Suara dentuman dan erupsi abu produk Gunung Dukono sering terdengar dan melanda daerah Tobelo dan Galela.

Pada umumnya erupsi Gunung Dukono ini berupa letusan strombolian dari kawah pusat. Erupsi Gunung Dukono ini sering mengeluarkan aliran lava dan endapan piroklastika meliputi aliran piroklastika dan jatuhnya piroklastika yang dapat menimbulkan bencana bagi penduduk di sekitar bagian utara gunung api.

Erupsi Gunung Dukono tahun 1550 merupakan erupsi cukup besar dari kawah pusat yang

menghasilkan aliran lava (van Padang, 1939, dalam Kusumadinata *et al.*, 1979) dan kemungkinan endapan aliran piroklastika (Surmayadi *et al.*, 1998). Aliran lavanya mengalir ke arah utara sepanjang 12 km hingga mampu menghubungkan Gunung Mamuya dengan Pulau Halmahera yang sebelumnya dipisahkan oleh selat (Van Padang, 1939, dalam Kusumadinata *et al.*, 1979). Letusan dengan VEI = 3 ini menghasilkan tefra dengan total volume: $5,1 \pm 5,0 \times 10^8 \text{ m}^3$ (Global Volcanism Program, 2012).

Pada umumnya erupsi Gunung Dukono terjadi di kawah pusat, tetapi menurut catatan Global Volcanism Program (2012), pada 1719 terjadi erupsi samping (erupsi eksentrik) terjadi di lereng bagian timur Gunung Tala. Erupsi efusif ini menghasilkan aliran lava.

Pada 1861 sampai 1869 terjadi erupsi di kawah pusat dan daerah di sekitar puncaknya terbakar. Pada tahun 1901 terjadi erupsi yang titik kegiatannya pindah ke sekitar Tanah Lapang. Erupsi ini merupakan erupsi eksplosif dengan kekuatan letusan (VEI) = 2 (Global Volcanism Program, 2012).

Erupsi cukup besar dengan VEI = 3 (Global Volcanism Program, 2012), terjadi pada 13 Agustus 1933 dari kawah pusat yang menghasilkan aliran lava ke arah utara. Erupsi ini mengakibatkan terjadinya aliran lahar yang merusak lahan dan infrastruktur. Pada tahun 1937 dan 1938 terjadi lagi letusan dari kawah pusat Malupang Walirang.

Pada tahun 1941-1942, 1945, 1946, 1952, 1969, 1971 terjadi erupsi eksplosif berskala kecil, menghasilkan asap hitam dan hujan abu (Kusumadinata *et al.*, 1979). Pada tahun 1973 - 1978 terjadi kegiatan erupsi secara beruntun



Gambar 6. Aktivitas vulkanik Gunung Dukono masih terus terjadi berupa erupsi asap dan abu halus menyembur dari Kawah Malupang Walirang (sumber: Deden Wahyudin, 2008).

menghasilkan abu, dan pada 1982 letusan abu terjadi setiap 10 -15 menit, mirip seperti aktivitas Gunung Semeru di Jawa Timur (Wittiri, 2003).

Sejak 1980 sampai saat ini sering terjadi peningkatan kegiatan seperti peningkatan kegempaan, terjadi letusan-letusan abu dan asap yang disertai dengan suara gemuruh dari kawah. Pada saat kegiatan vulkanik Gunung Dukono meningkat letusan atau hembusan asap terjadi disertai abu berwarna putih kelabu sampai kehitaman dengan tinggi asap mencapai 1.000 m di atas puncak seperti yang terjadi pada Mei 2008 (Zainuddin *et al.*, 2008).

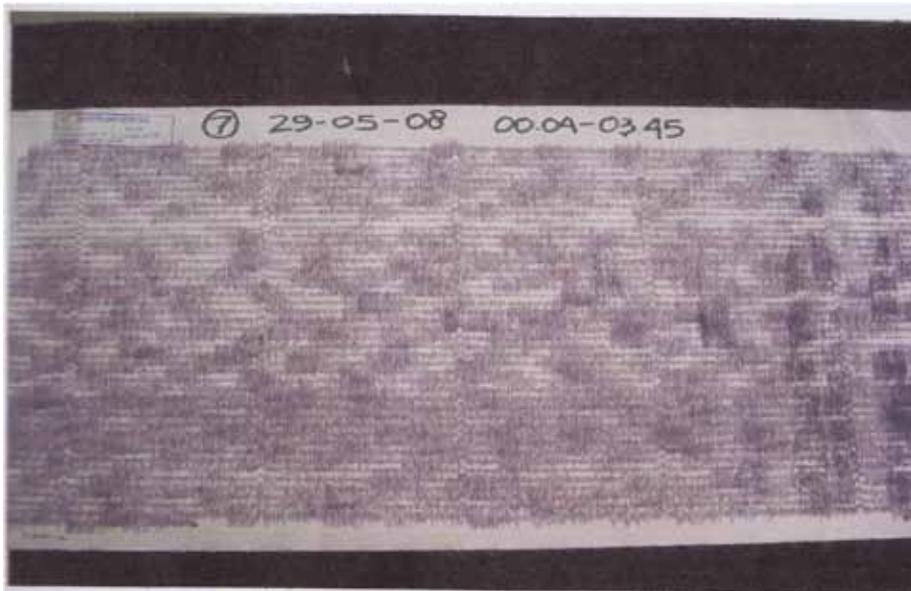
Interval antara dua kenaikan kegiatan/erupsi Gunung Dukono adalah berkisar 1 – 6 tahun (interval terpendek), 16 – 32 tahun (interval menengah), dan 169 tahun (interval terpanjang). Data kegiatan vulkanik Gunung Dukono, di Halmahera utara disajikan dalam Tabel 1.

Kegempaan di Gunung Dukono dipantau dengan menggunakan seismograf satu komponen, yang dioperasikan secara sistem radio

telemetry (RTS). Seismometer ditempatkan pada satu lokasi di lereng bagian utara Gunung Dukono dengan ketinggian lk. 800 m dpl. Sedangkan perekam gempa dioperasikan di Pos Pengamatan Gunung api (PGA) Gunung Dukono, di Desa Mamuya, Kecamatan Galela, Kabupaten Halmahera Utara, Provinsi Maluku Utara. Jenis gempa yang terekam di Gunung Dukono umumnya terdiri atas gempa tektonik lokal (TL), gempa tektonik jauh (TJ), gempa

vulkanik dalam (VA), gempa vulkanik dangkal (VB), gempa hembusan dan gempa letusan.

Pada saat peningkatan kegiatan vulkanik, kondisi kegempaan Gunung Dukono umumnya didominasi oleh gempa-gempa letusan dan jumlahnya dapat mencapai 70 kejadian perhari seperti yang terjadi pada awal tahun 2007 (Basuki *et al.*, 2007). Gempa letusan ini seringkali diikuti oleh gempa tremor hembusan yang sifatnya menerus (Gambar 7) seperti yang terjadi



Gambar 7. Contoh rekaman gempa letusan dan hembusan, pada saat peningkatan kegiatan Gunung Dukono 29 Mei 2008 (sumber: Zainuddin, 2008).

Tabel 1. Sejarah Kegiatan Vulkanik Gunung Dukono, Maluku Utara (Sumber: Van Padang, 1951; Kusumadinata *dr.*, 1979; Global Volcanism Program, 2012; Volcano News. Com, 2013)

Tahun		
1550	O↑	† Nov. ► » ■ +
1719	O=	►
1868 (?)	O↑	† * ■
1901	O↑	† *

Tabel 1. Sejarah Kegiatan Vulkanik Gunung Dukono, Maluku Utara (Sumber: Van Padang, 1951; Kusumadinata drr, 1979; Global Volcanism Program, 2012; Volcano News. Com, 2013) (Lanjutan)

Tahun		
1933	O↑	↑ Agust. ► → ■ +
1941-1942	(O↑)	*
1945	O↑	↑
1946	O↑	↑ Juli-Agust
1952	O↑	↑
1969	O↑	↑
1971	O↑	↑
1978	O↑	↑ Juli
1991	O↑	↑ Juni →
1992	O↑	↑ Mei
1993	O↑	↑ Juni
1994	(O↑ ?)	Nov-des
1995	O↑	↑ Jan (Feb?), Sept (Okt ?)
2003	O↑	↑ Maret, Juni-Des
2004	O↑	↑ Jan-Sep
2005	O↑	↑ Feb, Mei, Juni, Agust, Okt, Nov
2006	O↑	↑ Jan, Agust, Nov, Des
2007	O↑	↑ Jan, Juni
2008	O↑	↑ Mei-Des
2009	O↑	↑ Jan-Feb, April-Des
2010	O↑	↑ Feb
2011	O↑	↑ 22 Des
2012	O↑	↑ Feb (3km), Mei (3km), Juni (4,5 km), Sept, Nov
2013	O↑	↑ Feb, Maret, April Mei

Keterangan:

O↑ : Erupsi pusat

O= : Erupsi samping (eksentrik)

↑ : Letusan asap/abu/jatuhan piroklastika

» : Aliran piroklastika

► : Aliran lava

* : Sinar api/kebakaran di puncak

→ : Aliran lahar

■ : Kerusakan lahan dan infrastruktur

+ : Korban

pada Mei 2008 (Zainuddin *et al.*, 2008).

POTENSI BAHAYA

Berdasarkan data geologi Kompleks Gunung Dukono (Surmayadi *et al.*, 1998), jenis erupsi Gunung Dukono yang dihasilkan dari Kawah aktif Malupang - Warirang umumnya berupa erupsi magmatik efusif (berupa beberapa aliran lava), dan erupsi magmatik eksplosif (berupa endapan jatuhan dan aliran piroklastika).

Dalam waktu sejarah, tercatat puluhan kejadian erupsi Gunung Dukono sejak 1550 sampai saat ini. Erupsi magmatik cukup besar dengan VEI = 3 (Global Volcanism Program, 2012) terjadi pada tahun 1550, menghasilkan tefra dan lava dan mungkin juga aliran piroklastika (Surmayadi *et al.*, 1998). Erupsi eksplosif cukup besar dengan VEI = 3 (Global Volcanism Program, 2012), juga terjadi pada tahun 1933, menghasilkan aliran lava ke utara dan hujan abu mencapai Tobelo. Erupsi eksplosif skala kecil sering terjadi sejak tahun 1941 sampai dengan tahun 2013 ini dengan diselingi masa istirahat 1- 16 tahun. Erupsi berskala kecil ini menghasilkan asap, abu vulkanik dan kadang-kadang lontaran batu (pijar).

Potensi bahaya Gunung Dukono, terdiri dari bahaya langsung (bahaya primer) dan bahaya tidak langsung (bahaya sekunder). Jenis bahaya primer, terdiri dari aliran piroklastika (awan panas), jatuhan piroklastika, lontaran batu (pijar), hujan abu lebat, dan aliran lava. Sedangkan jenis bahaya sekunder adalah aliran lahar.

Aliran Piroklastika (awan panas)

Derajat bahaya paling tinggi produk erupsi Gunung Dukono adalah aliran piroklastika (awan panas). Aliran piroklastika (awan panas) meru-

upakan suatu aliran massa yang terdiri dari pencampuran antara gas dan material lepas berbagai ukuran yang mengalir dengan kecepatan tinggi ($V = 70 - 150$ km/jam), bersuhu tinggi ($300 - 500^{\circ}\text{C}$), bergumpal-gumpal seperti wujudnya awan. Umumnya aliran piroklastika (awan panas) ini, adalah produk erupsi magmatik/freato-magmatik eksplosif tipe Strombolian sampai Plinian. Letusan eksplosif tersebut berdasarkan skala kekuatan letusan gunung api (*Volcanic Explosivity Index* = VEI) yang di perkenalkan oleh Newhall dan Self (1982) mempunyai skala letusan (VEI) berkisar antara 2 - 5.

Jatuhan Piroklastika (Lontaran Batu Pijar dan Hujan Abu)

Besar/kecilnya bahaya erupsi akan sangat tergantung kepada jenis dan tipe erupsinya. Untuk jenis magmatik tipe Plinian yang bersifat eksplosif cukup membahayakan karena pada umumnya dapat menghasilkan endapan jatuhan piroklastik yang tersebar jauh hingga berjarak puluhan km dari pusat erupsi. Begitu juga bahan lontaran batu (pijar) yang berukuran < 2 cm dapat tersebar dalam radius lk. 8 km. Sementara bahan lontaran batu (pijar) yang berukuran > 2 cm dapat tersebar dalam radius lk. 5 km dari pusat erupsi. Kegiatan tahun 2006 sampai saat ini vulkanisme Gunung Dukono masih terjadi erupsi strombolian yang menghasilkan asap dan hujan abu dengan kolom letusan mencapai 1.000 m di atas kawah, disertai suara gemuruh dari arah Kawah aktif Malupang Warirang.

Aliran Lava

Aliran lava adalah aliran massa pijar bersuhu tinggi ($600 - 1000^{\circ}\text{C}$) yang mengalir secara perlahan dan selalu mengalir melalui lereng dan

lembah menuju ke tempat-tempat yang lebih rendah. Oleh karenanya aliran lava ini walaupun bersuhu sangat tinggi, derajat bahayanya tidak terlalu tinggi karena umumnya kecepatan alirannya relatif lambat. Aliran lava (Gambar 8) merupakan produk erupsi efusif magmatik tipe



Gambar 8. Aliran lava muda dari Kawah Malupang Warirang mengalir mencapai Kawah Tanah Lapang di Gunung Gogodom (Sumber: Deden Wahyudin, 2008).

Stromboli Gunung Dukono berskala letusan relatif kecil (VEI; 0 - 1).

Pola erupsi pada beberapa erupsi besar Gunung Dukono, umumnya relatif identik seperti dua kejadian erupsi besar Gunung Dukono yang tercatat dalam waktu sejarah, yaitu pada tahun 1550 dan 1933. Erupsi 1550 berupa erupsi magmatik berskala cukup besar dengan VEI = 3 yang menghasilkan tefra dan aliran lava (mengalir ke sektor timurlaut melalui A. Ruko dan A. Mede), sehingga menyambungkan selat antara Gunung Mamuya dengan Pulau Halmahera menjadi daratan (Van Padang, 1939, dalam Kusumadinata *et al.*, 1979). Kemungkinan erupsi ini juga disertai erupsi magmatik eksplosif menghasilkan aliran piroklastika atau awan panas (Surmayadi *et al.*, 1998). Erupsi Gunung Dukono tahun 1933 berupa erupsi magmatik yang cukup besar dengan VEI = 3

(Global Volcanism Program, 2012) sehingga terjadi aliran lava bervolume besar ke arah utara (van Padang, 1951) dan aliran lahar yang menimbulkan kerusakan lahan dan infrastruktur (Global Volcanism Program, 2012).

Lahar

Produk erupsi Gunung Dukono didominasi aliran lava dan endapan piroklastika. Endapan piroklastika (jatuhan dan aliran piroklastika) berpotensi sebagai bahan pembentuk lahar. Umumnya material lepas ini dialirkan melalui media air, dan masuk ke dalam sungai-sungai besar. Jenis potensi lahar di sekitar Gunung Dukono, yakni lahar hujan.

Pembentukan lahar hujan, sangat dimungkinkan karena selain produk erupsi Gunung Dukono di masa silam banyak menghasilkan endapan piroklastika yang bersifat urai, juga karena kemiringan lereng Gunung Dukono sangat memungkinkan untuk terjadinya aliran lahar, terutama ke arah timur laut dan barat laut. Pada kedua daerah tersebut terdapat unit pemukiman dengan jumlah penduduk cukup padat. Di sektor barat laut terdapat unit pemukiman Desa Mamuya, Kecamatan Galela dan di sektor timurlaut adalah unit pemukiman Desa Ruko, Kokotajaya, Mede dan Papilo yang termasuk Kecamatan Galela.

Bencana yang ditimbulkan oleh lahar dapat ditanggulangi dengan cara membuat bangunan pelindung yang dapat mencegah penyimpangan aliran lahar ke daerah pemukiman penduduk dan lahan pertanian. Bangunan pelindung yang dapat dibuat di sepanjang sungai-sungai besar/kecil (yang berpotensi sebagai media transportasi lahar), yaitu berupa: tanggul (berfungsi untuk mengendalikan perluasan aliran lahar),

check-dam (berfungsi sebagai pengendali arah aliran lahar), dam konsolidasi/dam pengelak dan sabo-dam (berfungsi untuk mengendapkan material lahar dan mencegah agar produk erupsi tidak tertransportasi ke arah hilir yang menyebabkan kerusakan lebih besar), dan kantong lahar/pasir (berfungsi sebagai tempat penampungan lahar/pasir).

KAWASAN RAWAN BENCANA GUNUNG API

Kawasan rawan bencana gunung api adalah kawasan yang pernah terlanda atau diidentifikasi berpotensi terlanda bahaya erupsi baik langsung (primer) maupun tidak langsung (sekunder).

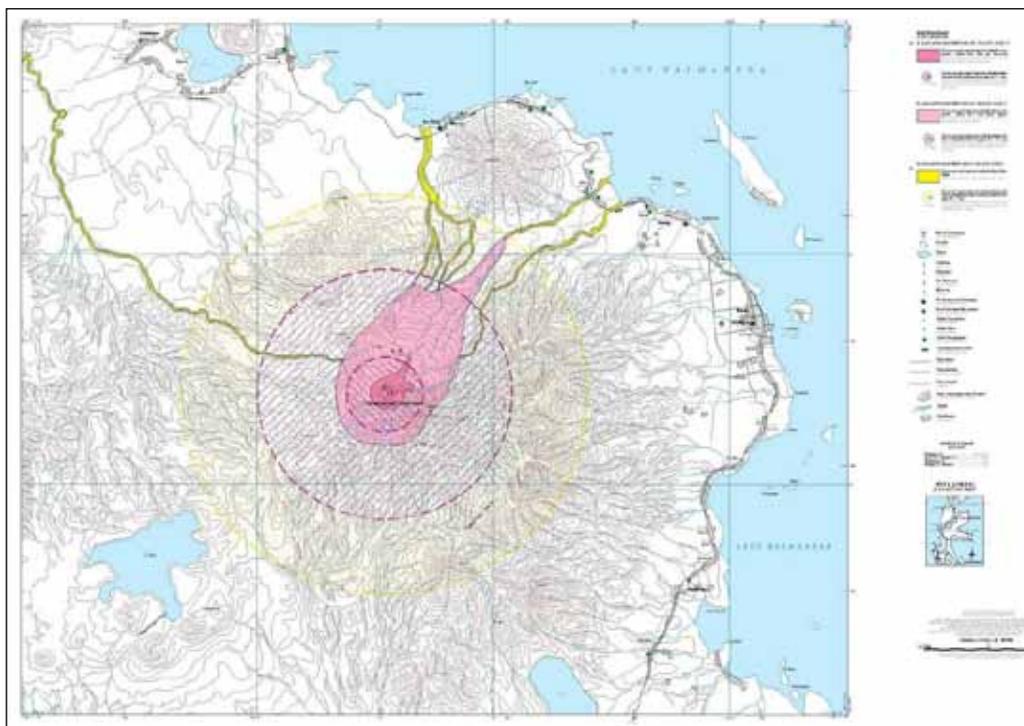
Berdasarkan pada potensi bencana yang dapat

terjadi pada masa mendatang, Kawasan Rawan Bencana Gunung api Dukono dibagi ke dalam tiga kawasan (Gambar 9), yaitu Kawasan Rawan Bencana III, Kawasan Rawan Bencana II, dan Kawasan Rawan Bencana I.

Kawasan Rawan Bencana (KRB) III

KRB III adalah kawasan sumber erupsi, daerah puncak dan sekitarnya yang sangat berpotensi terlanda oleh berbagai macam hasil erupsi. Kawasan ini dibedakan menjadi dua bagian, yaitu:

- a. KRB III terhadap aliran massa adalah kawasan yang sangat berpotensi terlanda aliran piroklastika (awan panas), aliran lava dan mungkin gas vulkanik beracun. Kawasan ini diperlihatkan pada peta berupa daerah berwarna merah tua. Perluasan dari penyebaran



Gambar 9. Peta Kawasan Rawan Bencana Gunung Dukono, Halmahera (Wahyudin drr, 2008).

awan panas dapat terjadi ketika erupsi Gunung Dukono yang akan datang lebih besar dari erupsi terdahulu.

- b. KRB III terhadap jatuhnya adalah kawasan yang sangat berpotensi terlanda bahan lontaran dan jatuhnya seperti lontaran fragmen batuan (pijar), dan hujan abu lebat. Kawasan ini diperlihatkan pada peta dalam bentuk lingkaran putus-putus diarsir berwarna merah dengan radius sekitar 1,5 km dari pusat erupsi. Berdasarkan sejarah produk erupsi Gunung Dukono, bahan lontaran dengan diameter 2 – 6 cm dilontarkan sejauh 1,5 km dari pusat erupsi. Ketika terjadi erupsi besar, penyebaran dari jatuhnya piroklastika mengikuti batas dari Kawasan Rawan Bencana II untuk batuan lontaran.

Kawasan Rawan Bencana (KRB) II

KRB II adalah kawasan yang berpotensi terlanda awan panas, aliran lava, lahar, lontaran batu (pijar) dan hujan abu lebat. Kawasan ini dibedakan menjadi dua bagian, yaitu:

- a. KRB II terhadap aliran massa adalah kawasan yang berpotensi terlanda awan panas, aliran lava dan aliran lahar. Kawasan ini diperlihatkan dalam peta berupa daerah berwarna merah muda.
- a. KRB II terhadap jatuhnya adalah kawasan yang berpotensi terlanda bahan lontaran dan jatuhnya seperti lontaran fragmen batuan (pijar), dan hujan abu lebat. Kawasan ini diperlihatkan pada peta dalam bentuk lingkaran putus-putus diarsir berwarna merah muda dengan radius sekitar 5 km dari pusat erupsi. Berdasarkan sejarah produk erupsi Gunung Dukono, bahan lontaran dengan

diameter 2 – 6 cm dilontarkan sejauh 5 km dari pusat erupsi.

Kawasan Rawan Bencana (KRB) I

Kawasan Rawan Bencana I ini dibedakan menjadi dua bagian, terdiri dari:

- a. KRB I terhadap aliran massa yaitu kawasan yang berpotensi terlanda aliran lahar, dan kemungkinan perluasan awan panas, terletak di sepanjang daerah aliran sungai, di dekat lembah sungai atau di bagian hilir sungai yang berhulu di daerah puncak. Kawasan ini diperlihatkan dalam peta berupa daerah berwarna kuning.

Secara garis besar jalur aliran sungai di sekitar Gunung Dukono yang dapat menjadi pembentuk lahar yaitu:

- Aliran Sungai ke arah utara - barat laut

Pada jalur ini terdapat dua buah sungai besar yang berpotensi sebagai media transportasi aliran lahar, yakni: Ake Mamuya (Gambar 9), dan Ake Auluto. Sungai-sungai besar di sektor ini, umumnya mengalir ke arah utara barat laut dengan menampilkan pola aliran sub-paralel, semuanya bermuara di Laut Halmahera. Jarak dari bagian hulu (dekat daerah puncak Gunung Dukono) hingga Laut Halmahera mencapai 11 km.

- Aliran Sungai ke arah timur laut

Sungai besar yang berpotensi terbentuknya lahar di sektor ini, adalah Ake Mede (Gambar 10) dan Ake Ruko yang bermuara langsung ke Laut Halmahera. Jarak dari bagian hulu (daerah puncak Gunung Dukono) hingga Laut Halmahera mencapai 12 km.

- Aliran sungai ke arah barat

Pada jalur ini hanya terdapat satu buah sungai besar yang berpotensi terbentuknya lahar, yakni Ake Mancile yang mengalir ke arah barat dan barat laut dengan pola aliran sub-dendritik. Sungai ini menyatu di bagian hilir dengan Sungai Ake Sioso dan seterusnya menuju Laut Halmahera. Jarak dari bagian hulu hingga Laut Halmahera > 15 km.

- b. KRB I terhadap jatuhnya adalah kawasan yang berpotensi terlanda jatuhnya piroklastika/lontaran berupa hujan abu tanpa memperhatikan arah tiupan angin (saat terjadi letusan), dan kemungkinan terkena lontaran batu. Kawasan ini berpotensi terlanda oleh jatuhnya abu dan fragmen batuan < 2 cm dalam radius 8 km dari pusat erupsi. Daerah ini diperlihatkan pada peta dalam bentuk lingkaran putus-putus diarsir berwarna kuning.

Kependudukan

Konsentrasi penduduk yang bermukim tetap di sekitar Gunung Dukono terdapat di bagian lereng bawah dan kaki bagian utara-timur laut (Desa Mede, Desa Ruko, Desa Kokotajaya, Desa Papilo, Kecamatan Tobelo Utara) dan daerah barat laut (Desa Mamuya, Kecamatan Galela) dengan kepadatan penduduk bervariasi dari sedang hingga cukup tinggi. Sementara penduduk yang bertempat tinggal di sekitar lereng tengah bagian timur laut, barat laut, barat daya, dan tenggara relatif sedikit, digolongkan ke dalam kepadatan penduduk rendah-sangat rendah.

Penduduk yang bermukim tetap di KRB I berjumlah 1212 Kepala Keluarga (KK) atau 5164 jiwa (Data tahun 2008). Jumlah penduduk ini terdapat di 4 Desa di Kecamatan Tobelo Utara

(Desa Luari, Ruko, Kokotajaya dan Mede) yang berjumlah 773 Kepala Keluarga (KK) atau 3125 Jiwa, serta penduduk Desa Mamuya, Kecamatan Tobelo Utara yang berjumlah 439 Kepala Keluarga (KK) atau 2038 jiwa.

DISKUSI

Dari sejarah kegiatannya, erupsi Gunung Dukono didominasi oleh erupsi eksplosif bersekala kecil sampai cukup kuat. Berdasarkan estimasi kekuatan letusan atau *Volcanic Explosivity Index* (VEI) yang di klasifikasikan oleh Newhall dan Self (1982) seperti pada Gambar 10 adalah berkisar: 0 – 3. Erupsi Gunung Dukono ini menghasilkan aliran piroklastika (awan panas), jatuhnya piroklastika (lontaran batu pijar dan abu vulkanik), serta erupsi efusif yang menghasilkan aliran lava.

Hingga saat ini, Gunung Dukono masih aktif dengan terjadinya erupsi yang mengeluarkan asap, abu dan kadang-kadang lontaran batu pijar, disertai suara gemuruh dari Kawah Malupang-Warirang yang terdengar sampai jarak lk 12 km. Apabila tidak terjadi perubahan, maka pola erupsi Gunung Dukono di masa mendatang relatif identik dengan pola erupsi pada waktu lampau – berupa erupsi eksplosif magmatik tipe Strombolian - Vulcanian yang menghasilkan aliran piroklastika (awan panas), jatuhnya piroklastika (lontaran batu pijar dan abu vulkanik), serta erupsi magmatik efusif yang menghasilkan aliran lava.

Secara umum, kemungkinan karakter, tipe dan skala erupsi Gunung Dukono di masa mendatang adalah erupsi berskala kecil sampai menengah dengan Nilai Indeks Letusan Gunung api (VEI atau Volcanic Explosivity Index): 0 – 3. Tipe erupsinya adalah Stromboli (Strom-

bolian) - Vulkano (Vulcanian) disertai dengan aliran lava yang bersumber dari kawah pusat. Potensi bahayanya, terdiri dari awan panas (aliran piroklastika), aliran lava, lontaran batu (pijar), serta hujan abu dan pasir dan kemungkinan gas beracun. Material letusan yang bersifat aliran seperti aliran piroklastika (awan panas) dan aliran lava kemungkinan hanya akan menjangkau daerah sempit di sekitar Gunung Dukono (terutama daerah puncak). Hal ini dapat terjadi, karena dinding kawah Gunung Dukono dan tubuh beberapa bukit kecil di seki-

skala besar mempunyai ciri-ciri berikut; nilai indeks letusan gunungapi (VEI= 4), tipe erupsi Vulkano kuat hingga tipe Plinian (Newhall dan Self, 1982). Potensi bahayanya diperkirakan terdiri dari aliran piroklastika (awan panas), lontaran batu (pijar) dapat mencapai 3-4 km dari pusat erupsi, aliran lava, hujan pasir dan abu lebat serta lahar. Produk awan panasnya dapat mencapai jarak puluhan kilometer, bergantung kepada tinggi kolom erupsi dan arah robohnya kolom erupsi. Bahan jatuhnya piroklastika berbutir kasar dan bahan lontaran batu

CRITERIA	VEI :	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
DESCRIPTION		non-explosive	small	moderate	mod-large	large	very large	-----			
VOLUME OF EJECTA (M ³)		<10 ⁴	10 ⁴ -10 ⁶	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁸ -10 ⁹	10 ⁹ -10 ¹⁰	10 ¹⁰ -10 ¹¹	10 ¹¹ -10 ¹²	>10 ¹²	
(TSUBA CLASSIFICATION)*		(I)	(II-III)	(IV)	(V)	(VI)	(VII)	(VIII)	(IX)	-----	
COLUMN HEIGHT (KM)*		<0.1	0.1-1	1-5	5-15	10-25	>25	-----			
QUALITATIVE DESCRIPTION		---"gentle, effusive"---	---"explosive"-----		---"cataclysmic, paroxysmal, colossal"-----						
		"severe, violent, terrific"-----									
CLASSIFICATION		-----"Strombolian"-----			-----"Plinian"-----			-----			
		-----"Hawaiian"-----		-----"Vulcanian"-----			-----"Ultraplilian"-----				
DURATION (hours)		-----<1-----			----->12-----						
of continuous blast		-----			-----1-6-----		-----6-12-----				
CAVE MAX EXPLOSIVITY**		---lava flows---	-----explosion or suée ardente-----			-----					
		-----phreatic-----									
		-----dome or mudflow---									
ATMOSPHERIC INJECTION		negligible	minor	moderate	substantial	-----					
STRATOSPHERIC INJECTION		none	none	none	possible	definite	significant	-----			

Gambar 10. Kriteria untuk estimasi kekuatan letusan gunung api VEI menurut Newhall dan Self (1982).

tar puncak akan mampu menghalangi produk letusan berskala kecil tipe Stromboli atau Vulkano lemah menyebar ke arah bawah. Sementara produk letusan berupa jatuhnya piroklastika berbutir halus dapat menjangkau daerah yang lebih jauh dari pusat erupsi.

Kemungkinan lain adalah terjadinya erupsi ber-

(pijar), kemungkinan besar dapat mencapai jarak 5-10 km dari pusat erupsi. Tipe vulkano kuat ini diimplementasikan oleh letusan Gunung Dukono dimasa silam atau pra sejarah yang menghasilkan aliran piroklastika (awan panas), jatuhnya piroklastika berikut bahan lontaran batu (pijar) berupa bom vulkanik yang

mencapai jarak maksimum antara 5-8 km dari pusat erupsi (Surmayadi *et al.*, 1998).

Erupsi berskala sangat besar (*Paroxysmal*) dengan tipe erupsi Ultra Plinian kemungkinan bisa pula terjadi mempunyai ciri-ciri berikut; nilai indeks letusan gunung api (VEI > 5), yang acapkali disertai dengan longsoran/guguran puing. Potensi bahayanya diperkirakan berupa aliran piroklastika (awan panas) letusan, longsoran/guguran puing, lontaran batu (pijar), hujan abu lebat dan lahar. Letusan berskala besar ini sangat kecil kemungkinannya terjadi pada erupsi Gunung Dukono, kecuali ada penyimpangan dari sifat/karakter, tipe, dan skala letusan Gunung Dukono selama ini. Apabila letusan besar ini terjadi di masa datang, maka daerah yang akan terlanda produk erupsi Gunung Dukono akan jauh lebih luas.

KESIMPULAN

Karakteristik erupsi Gunung Dukono yang tercermin dari data geologi dan sejarah erupsi Gunung Dukono yang terekam sejak 1550 sampai saat ini, berupa erupsi bersifat eksplosif dan efusif menghasilkan produk erupsi gunung api yang dapat menimbulkan bencana terhadap wilayah di sekitarnya.

Potensi bahaya langsung (primer) erupsi Gunung Dukono terdiri atas aliran piroklastika (awan panas), jatuhnya piroklastika (lontaran batu pijar dan hujan abu vulkanik), aliran lava dan kemungkinan gas beracun. Sedangkan potensi bahaya sekunder adalah lahar hujan.

Dengan memperhatikan tipe erupsi serta jenis, volume dan pelamparan produk erupsi di masa lalu maupun sampai sekarang, erupsi Gunung Dukono dapat diklasifikasikan ke dalam erupsi

eksplosif dan efusif bertipe Stromboli – Vulkanik berskala kecil sampai menengah dengan kekuatan letusan (VEI): 0 – 3.

Berdasarkan potensi bahaya erupsi Gunung Dukono diidentifikasi tiga kawasan rawan bencana gunung api, yaitu: Kawasan Rawan Bencana (KRB) III, II dan I. Beberapa aliran sungai yang termasuk KRB I dan berpotensi sebagai media transportasi lahar di sekitar lereng dan kaki Gunung Dukono antara lain aliran sungai A. Mamuya dan A. Auluto (wilayah utara-baratlaut); A. Mede dan A. Ruko (wilayah timurlaut) dan A. Mancile (wilayah barat).

Bencana yang ditimbulkan oleh lahar dapat dimitigasi dengan cara membuat infra struktur yang berfungsi untuk pengendali dan pengelak aliran lahar seperti tanggul, checkdam, Sabo dam dan kantong lahar.

ACUAN

Basuki, A., Hendrasto, M., dan Hinondaleng, D., 2007, *Laporan Peringatan Dini Bahaya Gunungapi G. Dukono, Maluku Utara*. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Tidak diterbitkan.

Direktorat Vulkanologi, 2000, *Laporan Tahunan Direktorat Vulkanologi Tahun 1999/2000*. Direktorat Vulkanologi, hal. 184-185

Global Volcanism Program, 2012, *Dukono: Eruption History*. <http://www.volcano.si.edu/volcano.cfm/um=268010> (14 Agustus 2013).

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

Newhall, C.G. and Self, S., 1982, *The Volcanic*

Explosivity Index (VEI): An Estimate of Explosive Magnitude for Historical Volcanism, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 86, No C2, P. 1231-1238.

Rasyid, S.A., 1990, G. Dukono, *Berita Berkala Vulkanologi, Edisi Khusus No. 137*. Bandung: Direktorat Vulkanologi.

Reksowirogo, L.D., 1971, *G. Dukono di P. Halmahera dengan Daerah Bahaya Sementaranya*, Bandung: Direktorat Geologi. Tidak diterbitkan.

Surmayadi, M., Pribadi, A., Mulyadi, D., dan Haerani, N., 1998, *Laporan Pemetaan Geologi Komplek Gunungapi Dukono, Maluku Utara*, Bandung: Dit. Vulkanologi. Tidak diterbitkan.

Van Padang, N. M., 1951, *Catalogue of the activity volcanoes of the world including solfatara fields, vol. 1: Indonesia*, p. 254 - 257.

Volcano News. Com, 2013, *Dukono volcano*

news & eruption updates. http://www.volcano-news.com/volcano-news/Indonesia/halmahera/Dukono/eruption_updates.html (15 Agustus 2013).

Wahyudin, D., Karim, A., Nursalim, A., dan Purwoto, 2008, *Peta Kawasan Rawan Bencana G. Dukono, Propinsi Maluku Utara*. Pusat Vulkanologi dan mitigasi Bencana Geologi

Wittiri, S.R., 2003, *Gunungapi yang Meletus 1995 – 2003*. Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.

Zaennudin, A., dan Purbawinata, M.A., 1992, *Penelitian Petrokimia G. Dukono, Halmahera Utara*, Bandung: Direktorat Vulkanologi. Tidak diterbitkan.

Zainuddin, Pamungkas, H., dan Indrastuti, N., 2008. *Laporan Tanggap Darurat Letusan Gunungapi G. Dukono, Maluku Utara*. Tidak diterbitkan.