

BAB II

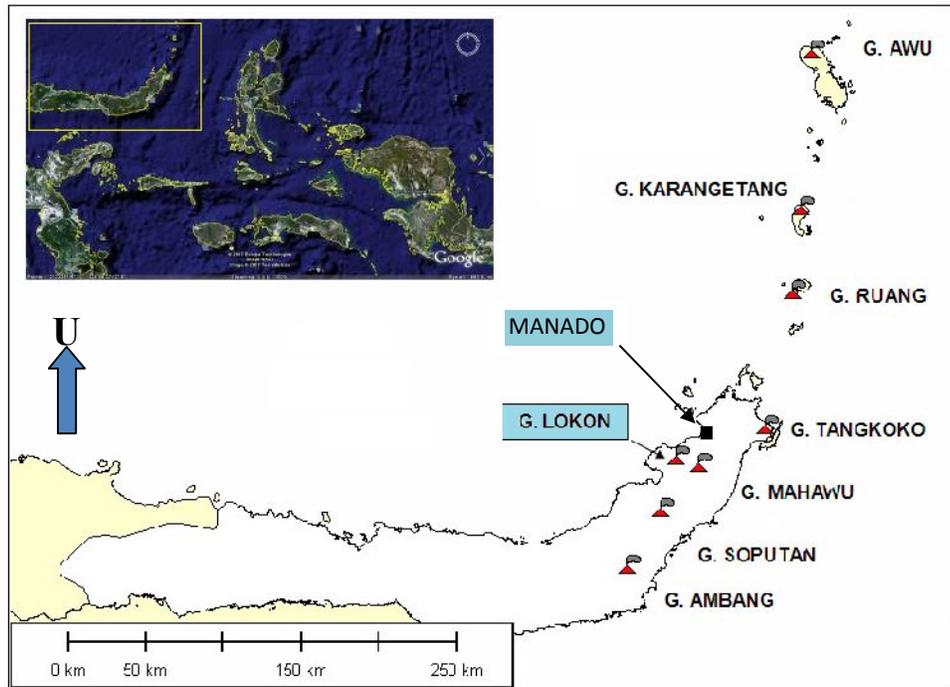
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Daerah Penelitian

Secara administratif Gunung Lokon terletak di Kota Tomohon, Minahasa, Sulawesi Utara (Gambar 4), lebih kurang 25 Km sebelah Selatan Manado. Secara geografis Gunung Lokon berada pada posisi 1° 21,5' Lintang Utara dan 124° 4,5' Bujur Timur dengan ketinggian 1597,5 meter di atas permukaan laut (Kusumadinata, 1979 dalam Kristianto dan Solihin, 2008).

Pusat kegiatan vulkanik Gunung Lokon saat ini berada di Kawah Tompaluan yang terletak pada pelana antara puncak Gunung Lokon dan Gunung Empung. Untuk mencapai kawah tersebut dapat ditempuh dari Kakaskasen atau Kinilow (di Tomohon) dengan lama perjalanan kaki 1.5 jam menyusuri lembah (sungai kering) Pasahapen (Kristianto dan Solihin, 2008).

Gunungapi Lokon merupakan salah satu gunungapi aktif di antara lima gunungapi aktif yang ada di Minahasa. Dalam klasifikasi gunungapi aktif di Indonesia umumnya disebut Gunungapi Lokon – Empung, hal ini disebabkan oleh adanya dua puncak gunung yang menonjol pada jarak 2,5 km, yaitu antara puncak Gunungapi Lokon dan Gunungapi Empung (Gambar 5) (Gunawan, 2010).



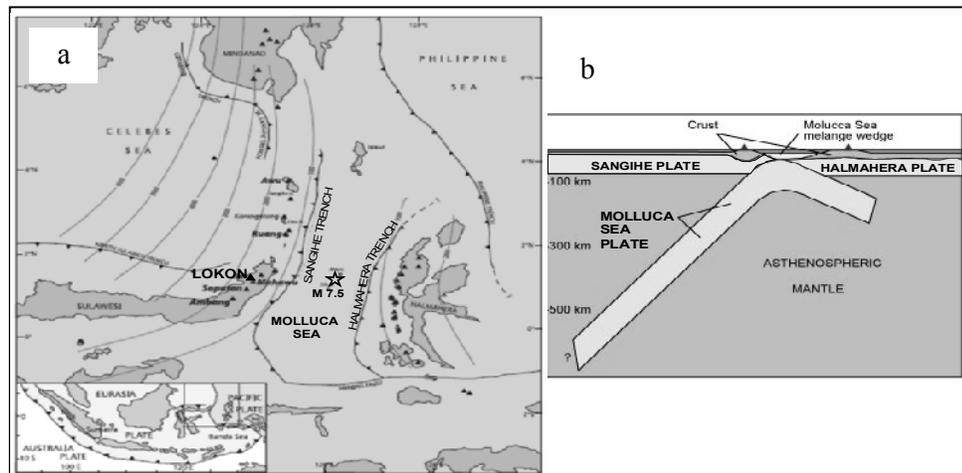
Gambar 4. Posisi daerah penelitian (Kristianto dkk, 2012)



Gambar 5. Kawah Tompaluan diantara Gunung Empung dan Gunung Lokon (Haerani dkk, 2010)

2.2. Struktur Geologi

Gunungapi Lokon merupakan bagian dari sistem Busur Kepulauan Sangihe terkait dengan Zona Tumbukan Laut Molluca. Zona Tumbukan Laut Molluca terletak pada persimpangan lempeng Eurasia, Australia, Pasific dan Filipina. Antara Busur Sangihe, sebelah barat zona tumbukan, dan Busur Halmahera di sebelah timur merupakan tumbukan aktif dan cembung menuju Laut Molluca. Tumbukan ini membentuk struktur yang rumit di Busur Sulawesi Utara. Aktifitas seismik pada Zona Tumbukan Molluca telah menghasilkan sistem subduksi asimetris menukik-ganda. Kegempaan di sepanjang zona Benioff meluas sampai kedalaman 300 km bawah Busur Halmahera. Di bawah Busur Sangihe, Zona Beniof pada Lempeng Laut Molluca meluas sampai lebih dari 600 km, menunjukkan sistem subduksi yang berumur panjang (Silver dan Moore, 1978 dalam Suparman dkk, 2012).



Gambar 6. Struktur tektonik zona Laut Molluca. (a) Peta tektonik area Laut Molluca. Kontur garis menunjukkan kedalaman penurunan lempeng. Gambar bintang menunjukkan episenter gempa dengan magnitudo 7,5 pada Januari 2007. (b) Skema penampang melalui Laut Maluku. Lokasi ini diperkirakan terletak pada subduksi kerak samudra yang diduga dari hiposenter gempa bumi. Segitiga menunjukkan posisi dari busur vulkanik aktif, diadaptasi dari Silver dan Moore (1978) dalam Suparman dkk (2012).

Zona subduksi di Sulawesi Utara cenderung berarah ke barat-baratlaut sesuai dengan pergerakan lempeng samudra yang berasal dari timur. Magma yang naik secara vertikal cenderung mengikuti orientasi bidang yang lemah. Sebagai konsekuensi pada subduksi ini, banyak gunung berapi yang mengikuti garis barat daya-timur laut (Suparman dkk, 2012).

Jika diperhatikan sebaran gunungapi aktif di daerah Minahasa, nampak ada kaitan erat antara tempat pemunculan kerucut gunungapi dan struktur lokal maupun regional. Kecuali Gunung Klabat dan Gunung Ambang, gunungapi lainnya muncul berkelompok dalam kelurusan (lineasi) tertentu, searah dengan struktur regional (Baratdaya – Timurlaut) atau kelurusan yang memotong struktur regional. Dapat dikatakan bahwa pemunculan gunungapi di sini dikendalikan oleh struktur (mungkin struktur regional), tetapi dapat pula terjadi bahwa struktur lokal di sini disebabkan oleh kegiatan gunungapi atau kegiatan magma.

Berdasarkan penafsiran potret udara dan hasil pengamatan di lapangan, struktur geologi yang berkembang di daerah kompleks Gunung Lokon – Empung dipisahkan menjadi Struktur Sesar dan Struktur Kawah.

Ada dua struktur sesar yang dapat dijumpai, yaitu Sesar Tatawiran dan Sesar Kinilow. Sesar tersebut kedua-duanya merupakan sesar normal yang arahnya relatif Utara-Selatan dan mengapit kompleks Gunungapi Lokon-Empung. Pada sesar Tatawiran blok bagian Barat merupakan bagian yang relatif naik dibandingkan dengan blok bagian Timur. Kedua sesar tersebut membentuk suatu struktur graben. Ciri-ciri adanya sesar yang dapat dijumpai di lapangan adalah adanya kelurusan-kelurusan pada tebing sepanjang lembah yang dilalui oleh sesar,

kemudian adanya kelurusan sungai serta terdapatnya mataair liar dan mataair panas.

Magma yang fluid dan kental serta lebih ringan daripada batuan di sekitarnya cenderung terdorong keatas dan merupakan kisah awal terbentuknya gunungapi. Tumbukan dan tukikan di Sulawesi Utara miring ke arah Barat – Baratlaut sesuai arah gerakan lempeng samudera yang datang dari Timur. Oleh karena itu, magma yang naik secara tegak akhirnya cenderung mengikuti bidang lemah tersebut. Itu salah satu sebab di tanah Minahasa banyak dijumpai kerucut gunungapi yang berjejer Barat – Baratdaya.

Pada skala yang lebih sempit dengan melihat strukturnya secara lokal, kompleks Lokon – Empung berbatasan dengan Gunung Tatawiran di sebelah Barat dan Gunung Mahawu di sebelah Timur. Di sisi Timur Tatawiran dan sisi Barat Mahawu terbentuk sesar yang menyebabkan depresi dan terbentuk struktur graben. Pada jalur sesar tersebut merupakan bidang lemah yang arahnya Utara ke Selatan dan membelah Lokon-Empung sekaligus merupakan cikal bakal Gunung Lokon – Empung saat ini (Hidayat dkk, 2007).

Peta geologi untuk kompleks Gunungapi Lokon – Empung dapat dilihat pada Gambar 7.

2.3 Sejarah Letusan

Interval waktu antara letusan yang sangat panjang (400 tahun) sebelum 1800, tetapi frekuensi letusan mendadak meningkat setelah 1829. Interval kegiatan letusan yang biasanya 1-4 tahun dengan periode dorman agak panjang 8–64 tahun.

Letusan besar terakhir terjadi pada tahun 1991, sedangkan letusan relatif kecil dalam 9 tahun terakhir.

Kegiatan letusan terakhir yang berulang dari 2001 sampai 2003. Letusan dimulai pada 19:20 waktu setempat pada tanggal 28 Januari 2001. Sebuah ledakan menghasilkan bahan pijar dan bom vulkanik jatuh di sekitar kawah Tompaluan. Sebuah letusan melemparkan abu gelap menggumpal setinggi 1.500 m di atas bibir kawah pukul 14.40 pada tanggal 26 Maret, dan awan abu melayang ke arah timur dan utara. Abu mulai turun di desa Kinilow dan Kakaskasen (masing-masing 3,5 dan 4 km dari kawah) setelah 25 menit. Kegiatan perlahan menurun sampai 15:10, ketika emisi gas putih tebal naik tinggi di atas kawah setinggi 400 m. Abu yang jatuh setebal 0,3-0,5 cm di Kinilow, 0,1-0,3 cm di Kakaskasen, dan 1-2 cm di sekitar Sungai Pasahapen ~ 1 km dari kawah. Setelah ledakan awal, tremor vulkanik tercatat selama 15 menit pada pukul 14:42, memiliki amplitudo maksimum 2-16 mm pada drum perekam. Pada tanggal 20 Mei, bahan bercahaya naik setinggi 400 m pada 20:14 dan kemudian jatuh di sekitar kawah. Ledakan itu menghasilkan gumpalan awan abu-abu hitam yang naik mencapai 900 m dan melayang ke utara. Ledakan itu menghasilkan bahan pijar mencapai jarak 400 m dan terasa di sekitar kawah.

Pada tahun 2002, beberapa letusan terjadi menyemburkan abu ke ketinggian 1.500 m di atas bibir kawah dan mengendapkan abu dengan ketebalan 0,5-2 cm daerah sekitar dengan radius 4 km dari kawah pada bulan Februari, April dan Desember. Pada tahun 2003, beberapa ledakan terjadi pada tanggal 8, 10 dan 12 Februari, 27 Maret dan 1 April, menyemburkan abu pada ketinggian 1.400 m di atas kawah.

Suara boom dan ledakan terdengar di Pos Pengamatan Gunungapi Lokon. Abu melayang ke arah selatan dan diikuti oleh bahan bercahaya. Abu jatuh di sekitar taratara, Waloan, dan desa Kayawu dengan ketebalan 0,5 cm - 2,4 cm (Suparman dkk, 2012).

2.4. Geomorfologi

Geomorfologi kompleks Lokon Empung dibagi menjadi empat satuan, yaitu satuan geomorfologi kerucut, kawah, punggung rendah dan bergelombang serta geomorfologi daratan.

Satuan geomorfologi kerucut menempati daerah sekitar tubuh Gunung Lokon dan Gunung Empung. Gunung Lokon mempunyai puncak yang datar tanpa kawah dengan kemiringan antara 30° - 70° . Sedangkan Gunung Empung mempunyai dua buah kerucut terpancung, yaitu Empung Muda di bagian barat dan Empung Tua di bagian timur, yang masing-masing mempunyai kawah di puncaknya. Pola aliran sungainya adalah *radier* dengan lembah berbentuk “V”, dengan tebing yang relatif curam. Vegetasi penutupnya berupa alang-alang yang cukup tebal.

Satuan geomorfologi kawah terdapat di Kawah Tompaluan dan Kawah Empung. Kawah Tompaluan merupakan kawah paling aktif saat ini yang terbentuk sekitar tahun 1828, sedangkan Kawah Empung tidak aktif lagi.

Satuan geomorfologi perbukitan rendah & bergelombang menempati sebagian besar lereng kompleks Lokon – Empung, merupakan morfologi yang membentuk punggung yang landai serta bergelombang, sudut lerengnya $< 30^{\circ}$. Batuan

pembentuknya berupa piroklastik dan lava. Sebagian besar daerah ini dimanfaatkan sebagai lahan pertanian.

Satuan geomorfologi dataran menempati sepanjang pantai bagian utara, sekitar daerah Malalyang dan dataran tinggi Kakaskasen pada elevasi lebih kurang 800 m, umumnya digunakan sebagai daerah persawahan dan perkebunan kelapa (Hidayat dkk, 2007).

2.5. Stratigrafi

Batuan tertua yang mendasari seluruh satuan batuan di Kompleks Lokon – Empung adalah Vulkanik Tondano (To.V), tersingkap di selatan Gunung Lokon, berupa klastika gunungapi kasar, terutama bersifat andesitik, yang dicirikan oleh banyaknya batupung, tufa, tufa lapili dan braksi ignimbrit sangat padat. Satuan ini diperkirakan sebagai hasil letusan hebat yang terjadi pada saat pembentukan Kaldera Tondano atau pada saat Orogenesa Plio-Pleistosen.

Sebagai akibat adanya orogenesis tersebut, di daerah Minahasa banyak terbentuk struktur dan zona lemah. Pada awal Kuartar di daerah zona lemah inilah bermunculan sumber-sumber erupsi, diantaranya Gunung Tatawiran dan Gunung Mahawu yang masing-masing menghasilkan satuan batuan Vulkanik Tatawiran (Ta.V), sebagian besar berupa lava dan satuan Vulkanik Mahawu (M.V), juga umumnya berupa lava andesitik.

Pada sisi timur Gunung Tatawiran dan sisi barat Gunung Mahawu terjadi sesar normal yang berarah Utara-Selatan. Akibat sesar ini diantara kedua gunung tersebut terjadi penurunan/ depresi yang membentuk struktur graben. Pada zona

lemah inilah kemudian muncul titik-titik erupsi baru yang membentuk kompleks Lokon-Empung.

Fase pertama adalah erupsi pembentukan Bukit Pineleng, menghasilkan batuan Lava Pineleng (Pi.1) dan dilanjutkan dengan erupsi fase kedua yang membentuk Bukit Punuk, menghasilkan Lava Punuk 1 (P.11) dan Lava Punuk 2 (P.12). Lava tersebut umumnya bersifat andesitik dengan piroksen sebagai masa dasar.

Fase ketiga adalah erupsi pembentukan Gunung Empung, yang umumnya menghasilkan lava. Satuan batuan ini sebagian tersebar ke arah Timur-Timurlaut. Satuan batuan tersebut dikelompokkan menjadi satuan Lava Empung Tua 1 (ET.11), Lava Empung Tua 2 (ET.12), Lava Empung Tua 3 (ET.13), Lava Empung Tua 4 (ET.14), Lava Empung Tua 5 (ET.15), umumnya bersifat andesitik-andesitik basaltik.

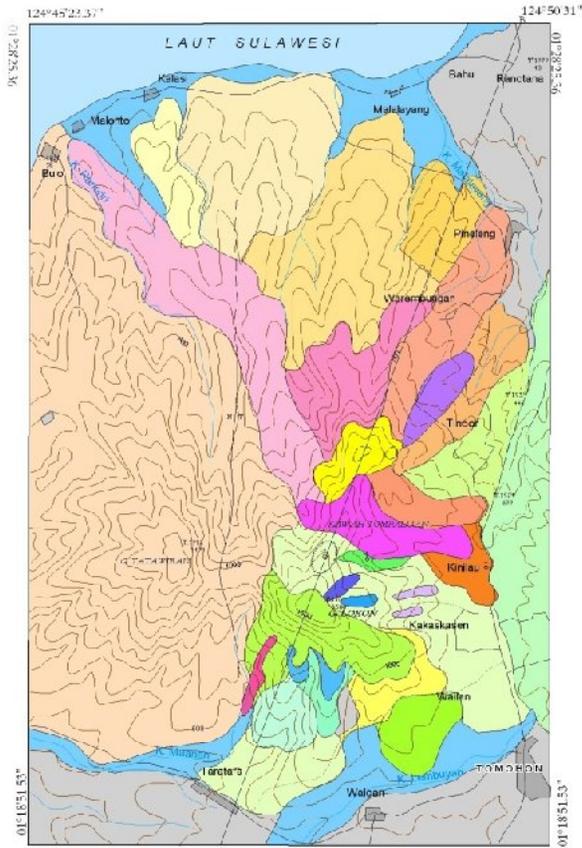
Fase keempat pembentukan Gunung Lokon. Pada fase ini terjadi perselingan antara erupsi efusif yang menghasilkan satuan batuan lava dan erupsi eksplosif yang menghasilkan endapan satuan batuan aliran piroklastik dan jatuhan yang penyebarannya sebagian besar ke arah Timur sampai Selatan. Secara berurutan satuan batuan ini terdiri dari satuan batuan Lava Lokon 1 (L.11), Lava Lokon 2 (L.12), Aliran Piroklastik Lokon 1 (L.ap1), Lava Lokon 3 (L.13), Aliran Piroklastik Lokon 2 (L.ap2), Lava Lokon 4 (L.14), Aliran Piroklastik Lokon 3 (L.ap3), Lava Lokon 5 (L.15), Lava Lokon 6 (L.16) dan Jatuhan Piroklastik Lokon (L.jp). Satuan batuan Lava Lokon umumnya bersifat andesitik basaltik.

Fase kelima pusat kegiatan kembali lagi ke Gunung Empung, secara berurutan menghasilkan satuan batuan Lava Empung 1 (E.11), Lava Empung 2 (E.12), Lava

Empung 3 (E.13), Lava Empung 4 (E.14), Lava Empung 5 (E.15), Lava Empung 6 (E.16) dan diakhiri dengan erupsi yang menghasilkan endapan Jatuhan Piroklastik Empung (E.jp), penyebarannya hanya disekitar puncak.

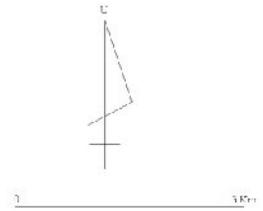
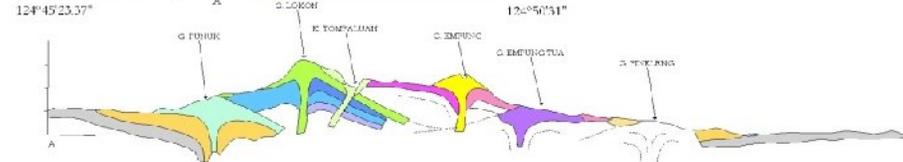
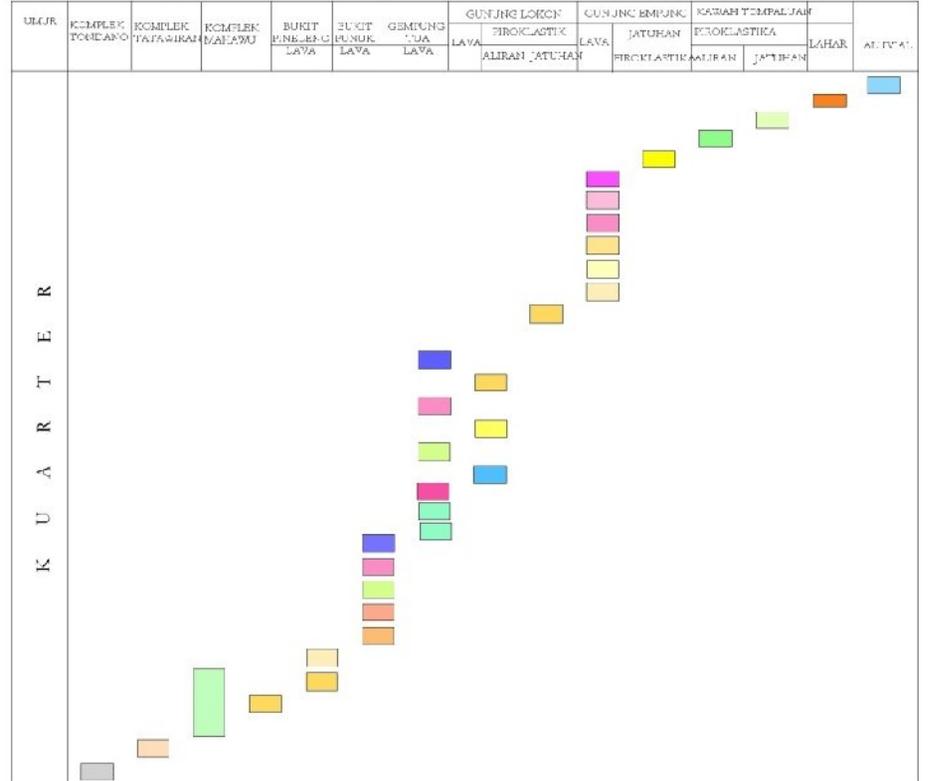
Fase keenam terjadi pada tahun 1829 berupa letusan samping (*flank eruption*) Gunung Lokon dan mengambil tempat pada sadel diantara Gunung Lokon dan Gunung Empung. Pusat erupsi tersebut kini dikenal sebagai Kawah Tompaluan. Fase ini merupakan fase terakhir dan masih berlangsung hingga sekarang. Satuan batuan yang dihasilkan terdiri dari satuan Aliran Piroklastik Tompaluan (T.ap) dan Jatuhan Piroklastik (T.jp). Letusan besar terakhir terjadi pada tahun 1991, menghasilkan endapan aliran piroklastik (awan panas) yang mengalir ke arah Lembah Pasahapen dan jatuhan piroklastik berupa bom, lapili dan abu (Hidayat dkk, 2007).

**PETA GEOLOGI GUNUNGAPI KOMPLEK LOKON
SULAWESI UTARA**
Ola, Dkk, Mulyadi, N. Hindarini, I. Dedy, 1990



- KETERANGAN**
- Abund
 - Lahar
 - Jatuhkan problematik Tompanan
 - Aliran problematik Tompanan
 - Jatuhkan problematik Dapang
 - Lava Dapang 6
 - Lava Dapang 5
 - Lava Dapang 4
 - Lava Dapang 3
 - Lava Dapang 2
 - Lava Dapang 1
 - Jatuhkan problematik Lokon
 - Lava Lokon 6
 - Lava Lokon 5
 - Lava Lokon 4
 - Aliran problematik Lokon 3
 - Lava Lokon 3
 - Aliran problematik Lokon 1
 - Lava Lokon 2
 - Lava Lokon 1
 - Lava Dapang Dsa 5
 - Lava Dapang Dsa 4
 - Lava Dapang Dsa 3
 - Lava Dapang Dsa 2
 - Lava Dapang Dsa 1
 - Lava Lokon 2
 - Lava Lokon 1
 - Lava Tompanan
 - Volkanik Mawana
 - Volkanik Tompanan
 - Volkanik Tompanan
- Kerak
 Sesar N: sesak yang naik
 T: datar yang turun
 Kontur
 Jala Bayu dan Karang
 Sungai
 Merapi
 Mata air panas

KORELASI SATUAN PETA



Gambar 7. Peta Geologi Gunungapi Lokon (Mulyadi, D., dkk, 1990)