

## IDENTIFIKASI KARAKTERISTIK ERUPSI GUNUNG API MERBABU BERDASARKAN STRATIGRAFI DAN MINERALOGI BATUAN GUNUNG API

Sri Mulyaningsih<sup>1\*</sup>, Syarif Hidayat<sup>1</sup>, Bakti Arif Rumanto<sup>1</sup>, Godang Saban<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Geologi Fakultas Teknologi Mineral IST AKPRIND Yogyakarta

<sup>2</sup>Independent Geochemist, Rare Minerals & REE Researcher

\*Email : [sri\\_m@akprind.ac.id](mailto:sri_m@akprind.ac.id)

### INTISARI

Gunung api Merbabu di Jawa Tengah adalah berumur Kuarter dengan erupsi terakhirnya berlangsung pada tahun 1797 M. Gunung api Merapi adalah gunung api teraktif di Indonesia, yang terletak di selatan Gunung api Merbabu, dengan dipisahkan oleh morfologi pelana kuda berarah utara selatan. Studi ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik material gunung api dan bermaksud untuk menginterpretasi probabilitas erupsinya di masa yang akan datang. Studi vulkanostratigrafi menjumpai tiga geomorfologi tapal-kuda dengan litologi dan susunan stratigrafi yang berbeda, yaitu tapal kuda tenggara, tapal kuda baratlaut dan tapal kuda timurlaut. Tapal kuda tenggara tersusun atas 8 sekuen basalt olivin masing-masing setebal 2-5 m. Tapal kuda baratlaut tersusun atas perselingan breksi dan lava basalt (andesit piroksen), secara lokal juga dijumpai lava basalt olivin, tuf abu-abu dan tuf orange, dalam 5 sekuen, masing-masing setebal 5-6 m. Tapal kuda timurlaut tersingkap 8 sekuen material andesitik; terdiri atas breksi dan lava andesit, serta 4-5 lapisan tuf tipis berwarna abu-abu, kuning dan orange. Aktivitas Gunung api Merbabu telah berlangsung di ketiga morfologi tapal kuda tersebut. Di masing-masing morfologi tapal kuda telah berlangsung erupsi gunung api dengan tipe erupsi, tipe magma dan susunan material gunung api yang berbeda. Pada morfologi tapal kuda tenggara didominasi oleh erupsi-erupsi efusif dengan periode yang pendek, dan tipe magma Ca-alkalin yang encer. Pada morfologi tapal kuda baratlaut berlangsung perulangan erupsi efusif dan eksplosif, dengan magma Ca alkalin yang telah terdiferensiasi. Pada morfologi tapal kuda timurlaut berlangsung erupsi-erupsi efusif dan eksplosif secara berselingan, dengan magma yang lebih kental. Secara umum, baik yang berlangsung di tapal kuda tenggara, baratlaut dan timurlaut aktivitasnya berfasa konstruktif (membangun).

**Kata kunci:** erupsi, gunung api, karakter, petrologi, dan stratigrafi

### 1. PENDAHULUAN

Gunung api Merbabu (3.145 mdpl) adalah salah satu gunung api berumur Kuarter yang terletak di Jawa Tengah, Indonesia (Gambar 1). Gunung api ini berada di sebelah utara Gunung api Merapi, dengan dibatasi oleh morfologi pelana kuda yang dibentuk oleh sebagian tubuh ke dua gunung api tersebut. Gunung api Merapi adalah gunung api teraktif di dunia; erupsinya berlangsung sekali dalam 1-5 tahun (Ratdomopurbo & Andrestuti, 2000). Gunung api Merbabu adalah gunung api inaktif, erupsi terakhirnya berlangsung pada tahun 1797 M (van Padang, 1951). Hingga kini fenomena magmatik Gunung api Merbabu yang dapat diamati dengan baik, adalah mata air panas, fumarol dan sulfatara, serta batuan alterasi argilik di area puncak gunung api.

Pada hari Selasa, 31 Maret 2015 pukul 22-23 WIB, terdengar suara gemuruh disertai kilat di area puncak Gunung api Merbabu. Berbagai persepsi muncul terkait dengan dentuman keras tersebut: (1) aktivitas Gunung api Merbabu akan meningkat; (2) dentuman keras tersebut tidak ada hubungannya dengan aktivitas Gunung api Merbabu; dan (3) potensi erupsi Gunung api Merbabu masih besar namun dentuman itu tidak mempengaruhi aktivitasnya dalam waktu dekat. Penelitian geologi gunung api yang terkait dengan aktivitas, magmatologi, karakteristik erupsi, mitigasi bencana geologi dan potensi sumber daya geologi di wilayah Gunung api Merbabu yang dapat digunakan sebagai rujukan sangat sulit dijumpai. Untuk itulah, penelitian detail terkait dengan kondisi geologi Gunung api Merbabu perlu dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menjelaskan sejarah dan karakteristik erupsi gunung api tersebut. Untuk dapat mengidentifikasi potensi erupsinya di masa depan diperlukan pemahaman sejarah aktivitasnya, antara lain dapat dilakukan dengan mempelajari data stratigrafi batuan gunung api yang dihasilkannya.

Penelitian lapangan, laboratorium dan studio telah dilaksanakan; meliputi penelusuran data geomorfologi, petrologi, stratigrafi, dan struktur geologi. Analisis petrografi dilakukan untuk mengidentifikasi mineralogi dan petrologinya. Analisis difokuskan pada bentuk, ukuran, derajat kristalinitas dan asosiasi mineral yang terkandung di dalamnya. Sintesis data menggunakan pendekatan deduksi induksi, dengan mengkompilasikan data lapangan, laboratorium dan studio.



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian

## 2. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 2.1. Dasar Teori

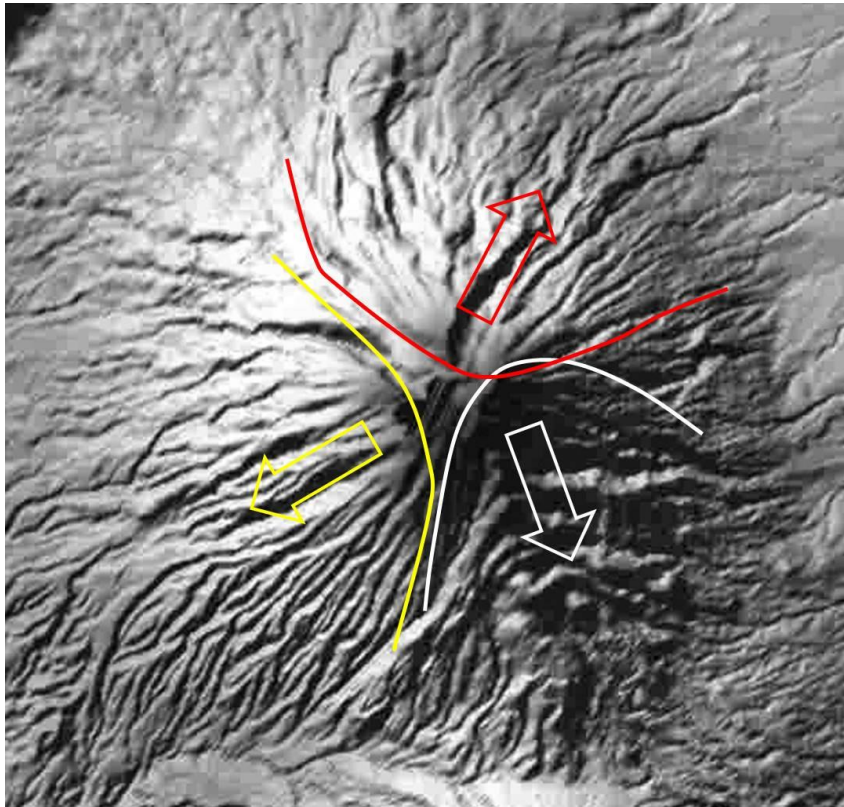
Plagioklas adalah salah satu genus mineral yang terdapat dalam Deret Reaksi Bowen, sebagai mineral dengan kristalisasi menerus (*continous series*). Keberadaan plagioklas dalam tubuh batuan beku merunut pada asal muasalnya yang berhubungan dengan seri magma Ca-alkalin. Runtunan pembentukan plagioklas ini tidak serta-merta dapat berlangsung dalam kondisi perubahan suhu dan tekanan saja, namun juga dikontrol oleh kandungan Ca – Na dalam tubuh magma asal.

Magma Ca-alkalin terbentuk oleh proses pelelehan batuan sebagian (*partial melting*) pada zona subduksi, sehingga memiliki komposisi unsur-unsur komponen kerak bumi; miskin Fe dan lebih bersifat hidrous (Schminche, 2004 dan Mulyaningsih, 2010). Tingginya kandungan Ca dan Si dalam magma menentukan jenis mineral yang terbentuk. Magma dengan persen Ca tinggi membentuk plagioklas anortit. Magma dengan persen Na tinggi membentuk plagioklas albit. Magma yang telah terdiferensiasi dari magma asalnya memiliki persen Na, Si dan K lebih tinggi, sedangkan persen Ca, Mg dan Fe lebih rendah. Magma Ca-alkalin kaya akan unsur-unsur alkali tanah (yaitu H, Li, Na, K, Rb, Cs dan Fr) dan unsur-unsur logam alkali dari pelelehan komponen kerak bumi, yaitu Be, Mg, Ca, Sr, Ba dan Ra. Kondisi itu menyebabkan viskositas magmanya tinggi, sehingga membentuk gunung api tipe komposit. Gunung api komposit adalah gunung api yang tubuhnya tersusun atas peralihan (strata) material hasil erupsinya selama aktivitasnya berlangsung; terdiri atas erupsi-erupsi intrusif dan ekstrusifnya. Erupsi intrusif membentuk intrusi retas, sill, dan intrusi dangkal lainnya yang dapat berfungsi sebagai tulang-tulang rusuk yang menopang tubuh gunung api tersebut. Erupsi ekstrusif berlangsung dalam dua mekanisme, yaitu efusif dan eksplosif secara berselingan membangun tubuh kerucutnya.

Ciri umum batuan gunung api tipe komposit memiliki komposisi plagioklas yang tinggi (Mulyaningsih, 2016). Makin tinggi komposisi unsur Ca makin rendah komposisi unsur Si, dan makin rendah komposisi unsur Na. Batuan vulkanik selalu memiliki sifat fisik, optis dan komposisi mineral khusus; tekstur batuan mencerminkan sejarah kristalisasinya, dan komposisi mineral mencerminkan komposisi magma asal (Mulyaningsih, 2016). Dalam proses pendinginan sederhana, tanpa adanya arus konveksi atau pencampuran akibat asimilasi dengan batuan dinding, tekstur batuan mencerminkan laju pendinginan, suhu awal kristalisasi, dan distribusi fase cair mineral pada interval kristalisasi (Mulyaningsih, 2016). Diameter dan tingkat kerapatan mineral dalam tubuh batuan vulkanik intrusi retas dan sill, serta lava dan hasil percobaan laboratorium tentang proses peleburan dan kristalisasi plagioklas, menunjukkan bahwa (1) tingkat pertumbuhan dan nukleasi plagioklas dalam contoh retas basaltik adalah fungsi dari laju pendinginan, dan (2) didasarkan pada hasil pengamatan tekstur batuan di lapangan dan dari hasil percobaan batuan dengan tekstur serupa, diketahui bahwa tahapan kristalisasi dan pendinginan dimulai pada suhu subliquidus (Cashman & Blundy, 2000). Jadi, saat batuan beku tersebut mulai mengkristal, kondisi nukleasi telah heterogen, dengan tingkat kepadatan jumlah nucleii (yang sebelumnya sudah terbentuk) akan menentukan tekstur batumannya.

## **2.2. Hasil**

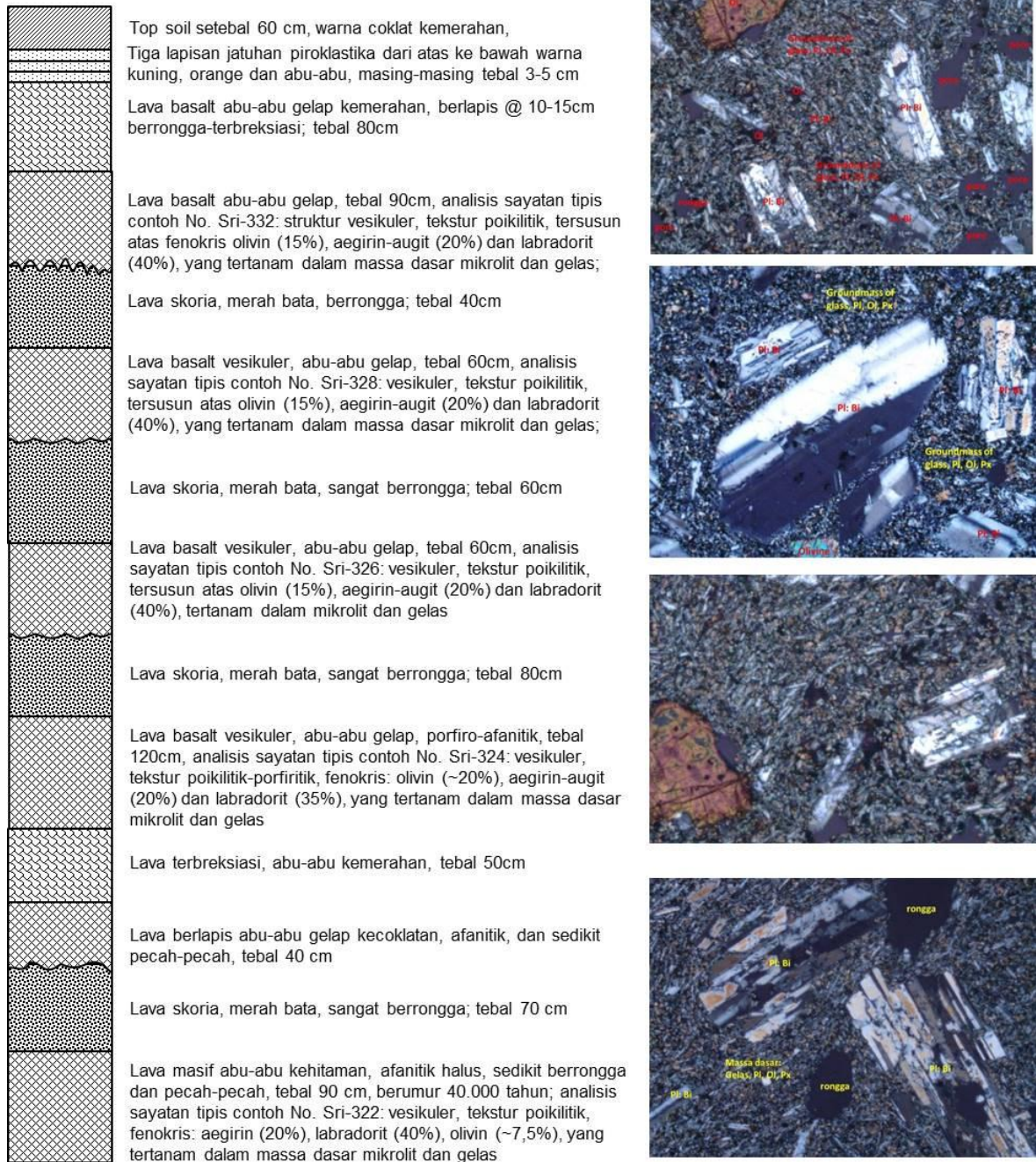
Secara geomorfologi, daerah penelitian terletak di atas morfologi pelana-kuda setinggi 1500 mdpl. Mengacu pada van Bemmelen (1949 dalam Mulyaningsih, 2016), gunung api ini terbentuk oleh bukaan sesar berarah baratlaut-tenggara (N170°E) yang memotong Jawa Tengah menjadi dua bagian, melalui Semarang-Gunung Ungaran-Gunung Surapati-Gunung Telomoyo-Gunung Merbabu-Gunung Merapi. Tubuh Gunung api Merbabu adalah kerucut simetri, yang sebagian puncaknya telah hilang membentuk lembah terfragmentasi selebar 1,5 km. Berdasarkan penelitian dengan menggunakan pendekatan permodelan 3D Anomali Bouguer, Sarkowi (2010) menginterpretasi tubuh dapur magma Gunung api Merbabu telah kering. Dengan menggunakan metode reduksi anomali medan magnetik di kawasan Gunung api Merapi dan Gunung api Merbabu, Ismail (2001) merekam adanya sesar normal aktif pada kedalaman 4,5-6,9 km, berarah barataut-tenggara (N170°E), jadi sesar tersebut searah dengan arah kelurusan gugusan Gunung api Ungaran-Merapi, tersebut di atas. Puncak gunung api terletak pada ketinggian  $\pm 3145$  mdpl, terdiri atas tiga kawah dengan morfologi tapal kuda yang membuka ke arah baratlaut (selebar 1,5km), timurlaut (selebar 2km), dan tenggara (selebar 1,5km; Gambar 3).



Gambar 2. Interpretasi bukaan kawah di puncak Gunung api Merbabu berdasarkan citra Landsat grayscale; garis-garis tegas adalah interpretasi morfologi tapalkuda (kawah) dan tanda panah adalah arah material gunung api di erupsi dan diendapkan (belum ada analisis umur yang menandai umur kawah)

Stratigrafi batuan gunung api telah diukur di sisi selatan, yang diduga dihasilkan oleh kawah tenggara, sisi barat yang dihasilkan oleh kawah barat laut dan di sisi utara yang dihasilkan oleh kawah timurlaut. Karena pengukuran stratigrafi hanya dilakukan di permukaan, maka stratigrafi belum mencakup secara keseluruhan material hasil erupsi Gunung api Merbabu. Namun, data ini setidaknya dapat menjelaskan kondisi umum stratigrafi daerah pada masing-masing kawahnya.

Pengamatan data stratigrafi batuan gunung api di kawah sisi selatan menjumpai sedikitnya 8 runtunan lava basalt olivin (Gambar 4). Basalt olivin dicirikan oleh warna sangat gelap, sangat berrongga dan berlapis (Gambar 5). Secara mikroskopis, lava dicirikan oleh struktur vesikuler dengan tekstur poikilitik dan porfiritik, fenokris umumnya subhedral hingga anhedral, terdiri atas olivin, aegirin-augit dan labradorit, yang tertanam dalam mikrolit plagioklas, olivin dan gelas. Kebanyakan mikrolit olivin berbutir granular berukuran 0,01-0,05 mm dan sangat melimpah. Mikrolit plagioklas berbentuk prismatik panjang monoklin, diameter kristal 0,0075-0,015 mm, cenderung berupa An 60-70 (labradorit).



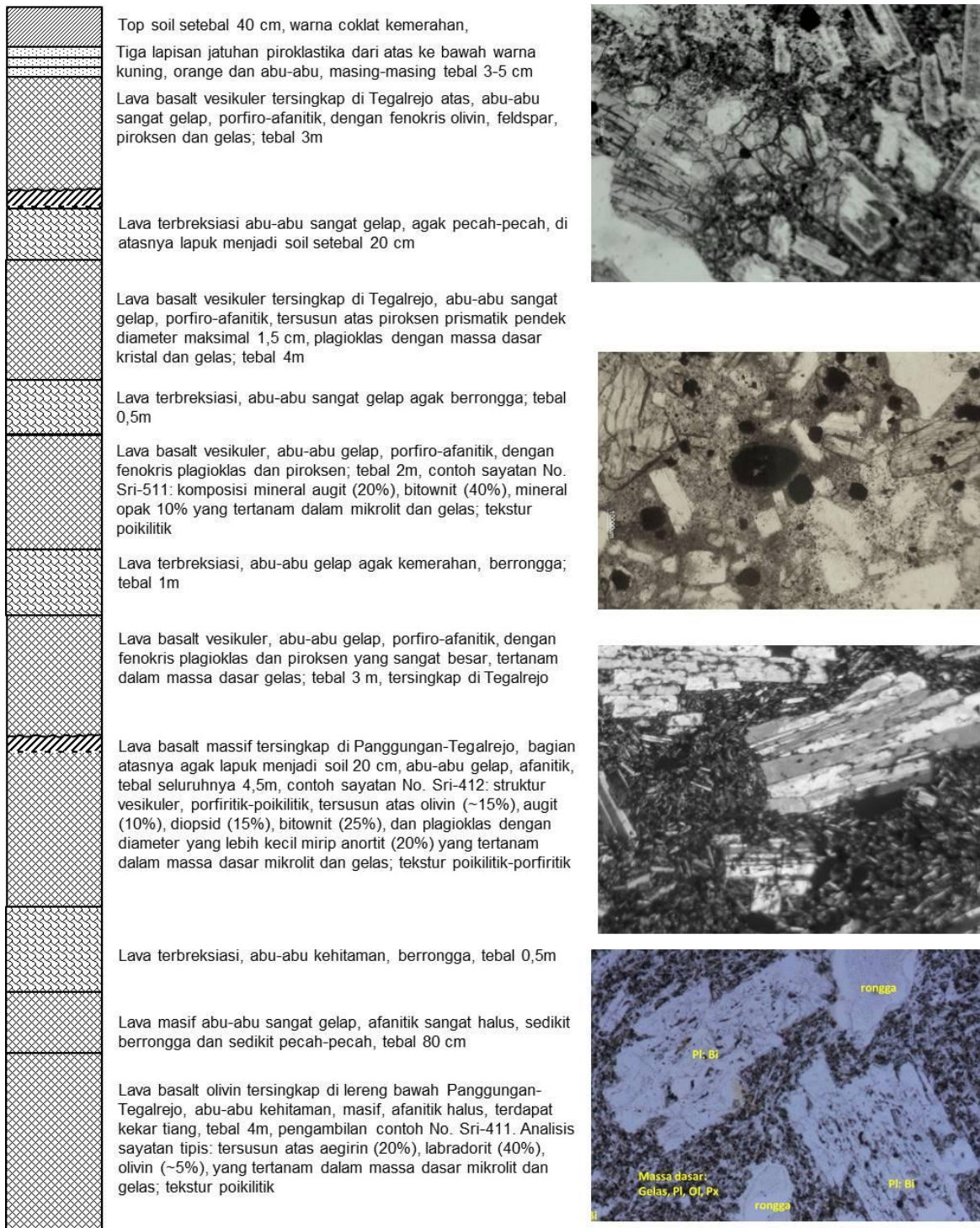
Gambar 4. Kolom stratigrafi batuan gunung api pada kawah Gunung api Merbabu sisi selatan



Gambar 5. Singkapan lava basalt olivin (kiri) dan *close up* (kanan) yang tersingkap di daerah Lencoh bagian proksimal sisi selatan.

Batuan gunung api ini di bagian selatan langsung ditumpangi oleh endapan Gunung api Merapi. Untuk membedakannya, didasarkan pada arah sebaran dan sifat fisik di lapangan. Lava Gunung api Merapi memiliki arah orientasi pengendapan yang bersumber dari selatan, sedangkan lava Gunung api Merbabu bersumber dari arah utara. Lava Gunung api Merapi lebih berwarna terang, terdiri atas mineral-mineral plagioklas andesin-labradorit dan hipersten. Lava Gunung api Merapi juga lebih tebal dibandingkan dengan lava Gunung api Merbabu. Karena aktivitas Gunung api Merapi lebih banyak dicirikan oleh guguran dan pembangunan kubah lava, maka biasanya lava dijumpai berselingan dengan breksi yang sangat tebal. Breksi Gunung api Merapi dicirikan oleh struktur pengendapan massif-gradasi terbalik-normal, berwarna kemerahan-pink, sortasi sangat jelek, dengan diameter butir fragmen lapilli sampai blok 3-4 m andesit piroksen (basalt piroksen), tertanam dalam massa dasar tuf dan lapilli litik.

Pengamatan dan pengukuran data stratigrafi batuan gunung api di sisi barat menjumpai sedikitnya 3 runtunan, masing-masing runtunan dibatasi oleh soil (Gambar 6). Runtunan terbawah terdiri atas 3-4 lapisan lava basalt olivin, masing-masing lapisan terdiri atas lava massif dan lava terbreksiasi, sehingga nampak seperti tersusun atas perselingan lava dan breksi basalt. Secara lokal di lereng yang lebih rendah, lava basalt olivin juga sering berasosiasi dengan breksi basalt, dengan fragmen basalt olivin, rata-rata tebal breksi basalt adalah 4-5 m. Breksi basalt dicirikan oleh struktur massif-gradasi, kemas terbuka, sortasi jelek, diameter butir 15-40 cm, tersusun atas fragmen blok basalt dan massa dasar tuf dan lapilli basalt. Lava basalt olivin dicirikan oleh struktur sangat berrongga, porfiritik hingga poikilitik kasar, dengan fenokris yang paling banyak prosentasenya adalah plagioklas labradorit (An 70) dan olivin hijau terang dengan relief sangat tinggi, granular dengan diameter dapat mencapai 5 mm, dan beberapa piroksen aegirin. Plagioklas memiliki bentuk kristal subhedral-anhedral, kembaran polisintetik dan berdiameter besar sampai sangat besar (rata-rata 2-4 mm). Mikrolit memiliki tekstur aliran yang sangat bagus, terdiri atas plagioklas dan olivin, dengan diameter butir 0,001-0,002 mm.



Gambar 6. Hasil pengukuran penampang stratigrafi di dua lokasi pengukuran, yaitu di daerah Panggungan hingga Tegalrejo dan daerah Banyudono

Runtunan di atas basalt olivin adalah basalt piroksen, yang terdiri atas 4-5 lapisan lava basalt piroksen, serta beberapa lapisan breksi basalt piroksen. Lava basalt piroksen dicirikan oleh struktur massif-vesikuler, afanitik halus-sangat halus, kadang-kadang dijumpai berlapis @ 10-15 cm, serta di beberapa lokasi yang lain berstruktur kekar tiang. Dari pengamatan sayatan tipis, diketahui basalt ini dicirikan oleh struktur berrongga, porfiritik halus, tersusun atas fenokris augit, subhedral-anhedral dengan diameter kristal 0,02-0,1 mm, plagioklas bitownit (An 72) dengan bentuk kristal subhedral dan berdiameter 0,01-0,1 mm (rata-rata 0,075 mm), mengandung mineral opak dengan

diameter 0,01-0,02 mm (~5-7,5%) yang tertanam dalam massa dasar gelas dan sedikit kristal. Secara optis, basalt piroksen sangat berbeda dengan basalt olivin yang ada di bawahnya. Basalt piroksen selalu berasosiasi dengan breksi basalt piroksen dan tuf. Breksi basalt piroksen dicirikan oleh struktur massif, sortasi jelek, kemas terbuka, diameter butir fragmen 5-30cm tersusun atas fragmen blok dan matriks tuf dan lapilli litik dan pumis. Lapisan tuf dan lapilli berwarna abu-abu yang tersingkap di daerah ini diduga berasal dari abu jatuhan piroklastika yang bersumber dari Gunung api Merapi. Lapisan tuf dan lapilli berwarna kuning sampai kuning keunguan diduga adalah endapan jatuhan piroklastika yang bersumber dari Gunung api Kelud. Lapisan tuf dan lapilli jatuhan piroklastika yang berwarna orange adalah diduga yang merupakan produk dari letusan / erupsi Gunung api Merbabu. Endapan tersebut agak mirip dengan endapan tefra Gunung api Sumbing; yang membedakannya adalah tefra Gunung api Sumbing lebih terang warnanya.

Pengamatan dan pengukuran stratigrafi di beberapa lokasi pada wilayah utara-timurlaut menjumpai sedikitnya tiga runtunan batuan gunung api yang penyebarannya menuju ke arah utara-timurlaut. Di bagian bawah runtunan, tersusun atas perlapisan tipis lava basalt olivin, yang menebal ke selatan. Sedikitnya tersingkap lima lapisan lava basalt, yang masing-masing lapisan terdiri atas lava terbreksiasi dan lava massif setebal 1-1,5m (Gambar 7). Singkapan ini terletak di Desa Wates (Kec. Getasan), pada fasies medial-proksimal, yang berbatasan dengan fasies medial-proksimal Gunung api Telomoyo. Yang membedakan antara lava asal dari Gunung api Merbabu dengan lava asal Gunung api Telomoyo adalah komposisi mineralnya; lava Gunung api Telomoyo dicirikan oleh warna abu-abu, struktur masif, berlembar hingga meniang, tekstur porfiritik-pilotaksiitik, tersusun atas fenokris andesin-labradorit, diopsid / hipersten yang tumbuh bersama dengan hornblenda, dan mineral opak yang tertanam dalam massa dasar gelas dan mikrolit kristal plagioklas dan mineral mafik. Di atas basalt olivin tersebut adalah perselingan breksi dan lava andesit hornblenda. Perbedaan lava andesit produk Gunung api Merbabu dan Gunung api Telomoyo adalah sumber alirannya; lava Merbabu bersumber dari selatan dan lava Telomoyo bersumber dari utara. Lava andesit hornblenda Gunung api Merbabu yang tersingkap di wilayah ini dicirikan oleh warna abu-abu sangat terang (cenderung putih), struktur vesikuler-masif, tekstur porfiritik dan tersusun atas fenokris andesin (~60%), hornblenda (~10%), diopsid (~10%) dan mineral opak yang tertanam dalam massa dasar mikrolit dan gelas.

Ke arah selatan pada fasies proksimal atas, yaitu wilayah Tritip (Kopeng), litologinya tersusun atas perselingan lava dan breksi andesit; di beberapa bagian juga berselingan dengan tuf dan lapilli tuf. Secara umum, breksi andesit dicirikan oleh warna abu-abu terang, struktur massif, sortasi buruk, kemas terbuka-tertutup, bentuk butir menyudut hingga sangat menyudut, diameter butir 2-20cm, fragmen terdiri atas blok dan bom andesit piroksen-andesit hornblenda, lapilli litik dan pumis, yang tertanam dalam matriks tuf. Lava andesit dicirikan oleh struktur masif-vesikuler, tekstur porfiritik dan pilotaksiitik, bentuk kristal subhedral, dengan fenokris terdiri atas andesin zoning kembaran polisintetik dan diameter 0,5-1mm (~55%), hornblenda subhedral diameter 0,25-0,5cm (10-12,5%), diopsid subhedral-anhedral diameter 0,25-0,5cm (~10%), dan mineral opak yang tertanam dalam massa dasar gelas.

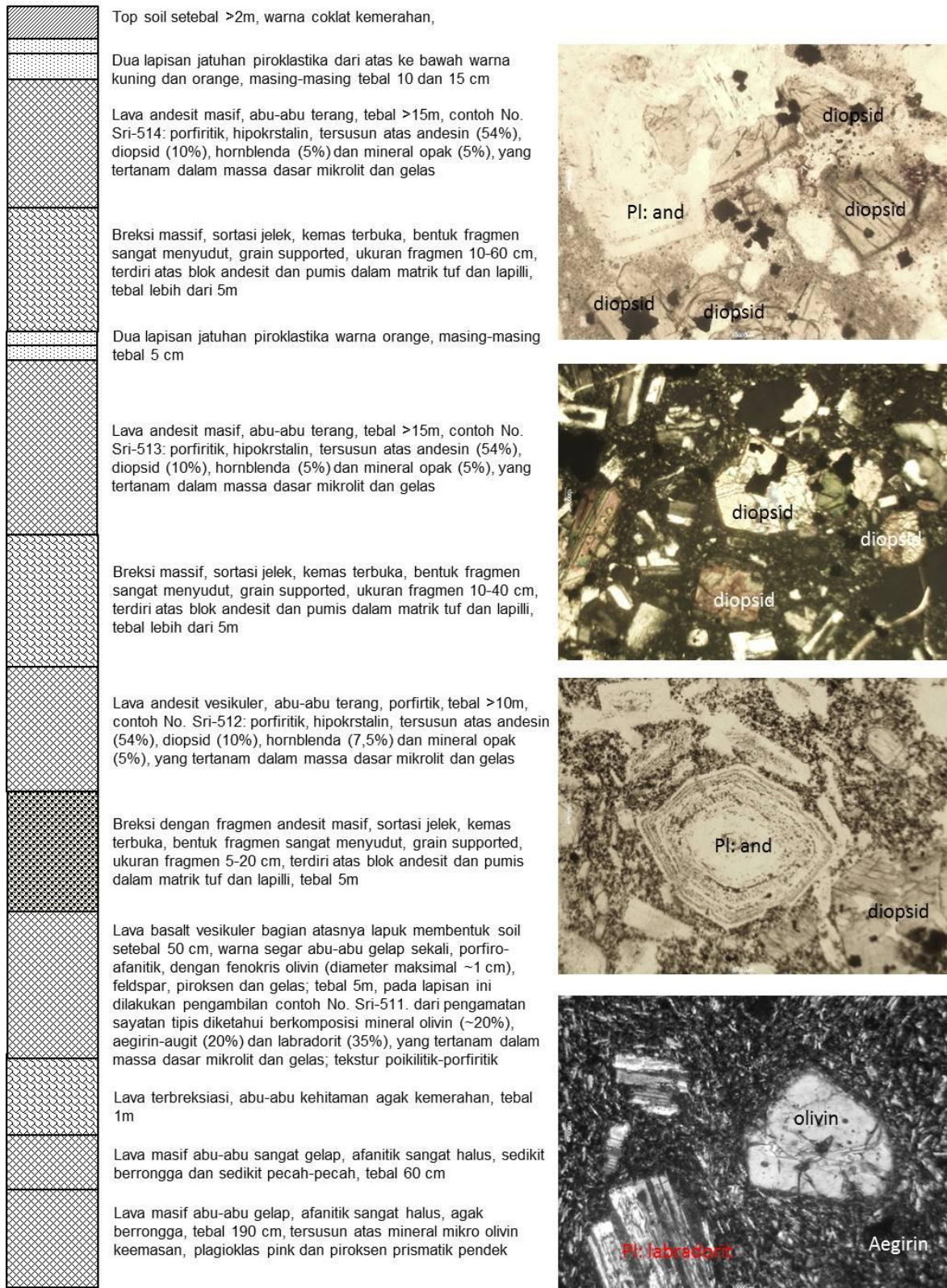




Gambar 7. Singkapan perlapisan lava basalt di daerah Bandungrejo (Ngablak) yang memiliki struktur meniang-berlembat (kiri) dan *close up* setiap lapisan yang terdiri atas lava masif dan lava terbreksiasi (kanan)

Di pos pendakian Tekelan (Kopeng Selatan) bagian proksimal atas, tersingkap 7 lapisan lava andesit @ tebalnya lebih dari 10m, menumpang di atas basalt olivin, tanpa tuf dan breksi andesit (Gambar 8). Lava andesit dicirikan oleh warna abu-abu terang, struktur masif, afanitik, dengan struktur kekar tiang dan lembar. Secara mikroskopis lava andesit dicirikan oleh sedikit vesikuler, porfiritik, dengan fenokris andesin (~64%), diopsid (10%) dan horenblenda (15%) yang tertanam dalam massa dasar gelas dan sedikit kristal. Bentuk fenokris andesin adalah prisma pendek, dijumpai struktur zoning, kembaran polisintetik, dan berdiameter 0,5-1 mm. Lava andesit ini menebal ke selatan, mulai pada jarak 200m dari utara pos pendakian 3 tersingkap batuan alterasi. Batuan alterasi dicirikan oleh warna putih, sebagian terbreksiasi, sebagian yang lain massif.

Dari pos pendakian 3 hingga pada puncak Pregadalem, litologinya tersusun atas lava dan intrusi andesit, berwarna abu-abu sangat terang hingga putih oleh alterasi, dengan struktur kekar tiang, porfiro-afanitik dengan komposisi plagioklas dan horenblenda yang diameternya dapat mencapai 1,5 cm. Secara mikroskopis, intrusi andesit dicirikan oleh struktur sedikit vesikuler (jumlah rongga ~2,5%), subhedral, porfiritik kasar, tersusun atas fenokris andesin (~55%), diopsid (~20%) dan oksid-horenblenda (~15%) yang tertanam dalam massa dasar gelas dan sedikit kristal. Geomorfologi puncak Pregadalem ini dicirikan oleh punggung memanjang, yang merupakan dinding kawah, vegetasi jarang, dan terdapat beberapa fenomena gunung api, yaitu sulfatara (dengan bau sulfur yang sangat menyengat) dan secara lokal berupa mataair panas (Gambar 9).



Gambar 8. Stratigrafi secara umum dari litologi yang menyusun bagian utara proksimal Gunung api Merbabu sisi utara



Gambar 9. Fenomena aktivitas gunung api dan litologi yang menyusun puncak Prigadalem

### 2.3. Pembahasan

Didasarkan pada kondisi geomorfologi puncak gunung api tersebut, dapat diinterpretasi bahwa selama aktivitasnya telah berlangsung tiga kali perubahan geomorfologi puncak gunung api, berkaitan dengan sifat dan evolusi magmatik, yang mempengaruhi karakteristik erupsinya. Berdasarkan stratigrafinya, dapat diinterpretasi endapan gunung api yang mendasari atau terbentuk di awal adalah basalt olivin. Hal itu ditunjukkan oleh singkapan perlapisan basalt olivin yang berada di bawah basalt piroksen dan andesit. Mengingat runtunan lava dan breksi andesit yang tidak diketahui apakah menumpang atau berselingan di bagian barat laut-utara, maka sejarah aktivitas keduanya belum dapat ditentukan. Hal itu dapat diidentifikasi melalui penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kronostratigrafi antara basalt piroksen dan andesit. Morfologi pada bagian selatan, juga menunjukkan adalah longsoran / debris yang bergerak ke selatan, hal itu mengindikasikan bahwa setelah aktivitas pembangunan kerucut gunung api, diikuti oleh penghancuran sebagian puncaknya, mungkin ke segala arah.

Stratigrafi batuan gunung api di sisi selatan tersusun atas perlapisan lava basalt olivin tipis-tipis yang berselingan dengan endapan skoria warna merah bata. Data tersebut dapat diinterpretasi bahwa, aktivitas gunung api yang menghasilkannya didominasi oleh erupsi-erupsi efusif yang berselingan dengan erupsi-erupsi eksplosif tipe Stromboli dengan VEI 1-2, yang membentuk endapan sinder. Lava dan endapan skoria basalt tersebut diduga dibentuk oleh magma Ca-alkalin yang sangat encer dengan tatanan tektonika tepian lempeng kontinen aktif (*active continental margin*). Hal itu ditunjukkan oleh keberadaan basalt yang mengandung mineral labradorit, yang hadir bersama-sama dengan aegirin-augit dan olivin. Untuk memastikan tipe magmanya, dapat dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap kimia unsur dan tanah jarang.

Magma basalt Gunung api Merbabu selanjutnya mengalami evolusi dari yang sangat encer, tinggi Fe / Mg dan miskin Si menjadi lebih kental dengan komposisi Si yang lebih tinggi dan lebih bersifat alkalin. Jenis magma tersebut selanjutnya membentuk erupsi-erupsi yang lebih besar intensitasnya, dengan frekuensi erupsi yang lebih kecil, bersifat magmatik, dan sekali waktu dengan mekanisme freatomagmatik. Aktivitas magmatiknya tersebut dicirikan oleh pembangunan

dan guguran kubah lava, sebagaimana yang kini terjadi di Gunung api Merapi, dengan kubah lava cenderung membuka ke barat. Seseekali, erupsi freatomagmatiknya lebih bersifat eksplosif dengan tipe Vulkan, mengendapkan breksi piroklastika dan tuf yang mengandung pumis warna orange. Hal itu ditunjukkan oleh runtunan batuan gunung api yang terdiri atas perselingan breksi dan lava basalt piroksen yang menumpang di atas perlapisan basalt olivin. Plagioklas pada basalt piroksen lebih bersifat calk-alkalin, sehingga terbentuk mineral bitownit, sedangkan pada basalt olivin yang dibentuk adalah mineral labradorit. Bentuk kristal plagioklas subhedral, dengan tekstur aliran (poikilitik), menandai bahwa lava basalt piroksen walaupun sudah lebih kental dibandingkan lava basalt olivin, namun viskositasnya juga cenderung masih rendah. Tekstur porfiritik dan / pilotaksitik adalah tekstur penciri yang sering dijumpai dalam batuan gunung api.

Dalam beberapa waktu, tubuh Gunung api Merbabu semakin meninggi, jarak antara dapur magma dan kawah makin jauh, sehingga perjalanan magma ke permukaan bumi pun semakin lama. Akibatnya, proses differensiasi dan asimilasi magma semakin efektif. Magma Gunung api Merbabu makin kental dengan komposisi feromagnesia makin menurun sejalan dengan makin meningkatnya alkalinitasnya. Karena magmanya makin kental, maka frekuensi erupsinya makin rendah dengan intensitas erupsi yang makin tinggi. Erupsinya dicirikan oleh erupsi-erupsi eksplosif tipe Vulkan dan Pele (freato-Plini) dengan VEI 3-5. Hal itu ditunjukkan oleh data stratigrafi pada fasies proksimal yang tersusun atas endapan piroklastika berupa breksi andesit dan tefra kaya pumis berwarna orange. Pada fasies proksimal atas-central, litologinya lebih didominasi oleh lava andesit horneblenda. Horenblenda adalah mineral mafik yang mengandung komposisi kimia  $(Ca_2(Mg,Fe,Al)_5(Al,Si)_8O_{22}(OH)_2)$ , artinya bersifat hidrous. Mineral tersebut hadir bersama-sama dengan diosid dan andesin. Andesin memiliki komposisi An 30-50 struktur zoning dan kembaran polisintetik, artinya mengandung Na 50-70%, mengkristal dengan cepat, dengan perjalanan yang ditempuhnya cepat. Magma hidrous dapat terbentuk, jika magma itu menyinggung muka airtanah. Diopsid adalah mineral piroksen yang memiliki komposisi  $CaMgSi_2O_6$ , hanya dapat terbentuk oleh magma yang kaya Ca dan miskin silika. Evolusi magma dapat diinterpretasi dengan baik melalui penelitian lebih lanjut dengan pendekatan kimia unsur, tanah jarang dan isotop.

Pada tahap akhir erupsi Gunung api Merbabu, dicirikan oleh erupsi bersifat eksplosif yang intensitasnya lebih tinggi, melontarkan sebagian puncaknya membentuk kawah sangat lebar, berdiameter 1,5-2 km. Mengacu pada hasil penelitian Sarkowi (2010), diketahui bahwa magma Merbabu telah mengering, sedangkan celah yang ada di bawahnya masih aktif. Dimungkinkan bahwa aliran magma dari zona melting ke dapur magma masih berlangsung, namun diduga tidak mengalir ke dapur magma Gunung api Merbabu, tetapi mengalir ke dapur magma Gunung Merapi.

### **3. KESIMPULAN**

Aktivitas Gunung api Merbabu telah berlangsung dalam waktu geologi, yaitu sejak Pleistosen (2 juta tahun yang lalu), menghasilkan tiga mekanisme erupsi yaitu dominasi efusif dengan tipe Stromboli, perselingan efusif dan eksplosif dengan intensitas erupsi yang lebih tinggi, dan dilanjutkan dengan mekanisme aktivitas yang dicirikan oleh erupsi-erupsi eksplosif yang diikuti oleh erupsi efusif dengan magma yang lebih kental. Gunung api Merbabu diduga masih memiliki kapabilitas untuk aktif normal, masih dijumpai sumber panas, hanya saja sumber panas tersebut tidak diikuti oleh aliran magma hingga ke permukaan. Dapur magma Merbabu telah membeku, sehingga aliran magma cenderung ke Gunung api Merapi. Celah gunung api tersebut menghubungkan jalur Merapi-Ungaran.

### **UCAPAN TERIMAKASIH**

Terimakasih yang sebesar-besarnya diberikan kepada Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknologi Mineral Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta, yang telah memberikan ijin dan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian di daerah Gunung api Merbabu.

Ucapan terimakasih juga diberikan kepada segenap staf pengajar Teknik Geologi FTM IST AKPRIND atas dukungannya dalam penelitian di lapangan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- van Bemmelen R W, 1941. Bulletin of the East Indian Volcanology Survey for the year 1941. *East Indian Volc Surv Bull*, 95-98: 1-110.
- Kusumadinata, K. (1979), *Data Dasar Gunungapi Indonesia*, Volcanological Survey of Indonesia, Bandung, 820.
- Mulyaningsih, S., Sampurno, S., Zaim, Y., Puradimaja, D.J., Bronto, S. and Siregar, D.A., 2006. Perkembangan Geologi pada Kuarter Awal sampai Masa Sejarah di Dataran Yogyakarta. *Indonesian Journal on Geoscience*, 1(2), pp.103-113.
- Mulyaningsih, S., 2016. Volcanostratigraphic Sequences of Kebo-Butak Formation at Bayat Geological Field Complex, Central Java Province and Yogyakarta Special Province, Indonesia. *Indonesian Journal on Geoscience*, 3(2), pp.77-94.
- Mulyaningsih, S. and Sanyoto, S., 2012. Geologi Gunung Api Merapi sebagai Acuan dalam Interpretasi Gunung Api Komposit Tersier di Daerah Gunung Gede Imogiri Daerah Istimewa Yogyakarta. In *Prosiding Seminar Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III*.
- Mulyaningsih, S., 2006. Geologi lingkungan di daerah lereng selatan Gunung api Merapi, pada waktu sejarah (Historical time). *Disertasi di Departemen Teknik Geologi, Sekolah Tinggi Pascasarjana Institut Teknologi Bandung, tidak dipublikasikan. Dengan lampiran-lampiran 365h*.
- Neumann van Padang M, 1951. Indonesia. *Catalog of Active Volcanoes of the World and Solfatarata Fields*, Rome: IAVCEI, 1: 1-271.
- Ratdomopurbo, A. dan Andreastuti, SD. (2000), *Pengantar Gunungapi Merapi*, BPPTK DIY, 44
- Sarkowi, M., 2010. Interpretasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Gunung Merbabu – Merapi Berdasarkan Pemodelan 3d Anomali Bouguer, *Berkala Fisika Vol 13. , No.2, Edisi khusus April 2010, hal D11-D18*
- Sudrajad, A., (2014), Gunung Api Merapi pada Masa Sejarah, *Geomagz* edisi September 2014.