

# HUBUNGAN GENESIS KEMUNCULAN GUNUNG API PURBA DENGAN SESAR KALI OPAK DI SEPANJANG ZONA SESAR BERBAH SLEMAN – IMOIRI BANTUL, YOGYAKARTA

Oleh:  
Hill. Gendoet Hartono

Staf pengajar di Jurusan Teknik Geologi, STTNAS Yogyakarta  
e-mail: [hilghartono@yahoo.co.id](mailto:hilghartono@yahoo.co.id)

## ABSTRAK

Kali Opak yang terletak di bagian selatan kota Yogyakarta merupakan batas bentang alam dataran Yogyakarta dengan gawir memanjang berarah baratdaya-timurlaut Pegunungan Selatan, dan sering dikenal sebagai lokasi gempa tektonik atau jalur sesar Kali opak. Aliran Kali Opak berhulu di gunung Merapi, dan di bagian selatan mengalir di atas batuan dasar gunung api berumur Tersier. Keberadaan batuan gunung api di sini tidak diketahui asal usulnya dan selama ini dikenal sebagai batuan sedimen penyusun Formasi Nglanggran, Formasi Semilir, dan Formasi Kebo Butak. Permasalahan kemunculan gunung api purba di sepanjang aliran Kali Opak menjadi penting dalam kaitannya dengan sesar Kali Opak. Fenomena ini dapat didekati dengan menerapkan penelitian geologi yang berbasis geologi struktur dan kegunungapian. Bentang alam berupa lembah curam yang dibatasi oleh gawir-gawir terjal lurus di bagian sisi timur, dan di bagian barat dijumpai bukit-bukit terisolir yang disusun oleh batuan gunung api berjajar searah aliran Kali Opak. Di dasar sungai dijumpai lava bantal berkomposisi basal-andesit basal dan dijumpai bentang alam landai melingkar menyerupai bulan sabit hingga tinggian kerucut. Pengukuran struktur geologi berupa kemiringan batuan, kekar, dan sesar yang umumnya berarah baratdaya-timurlaut dengan kemiringan kurang dari  $40^\circ$ . Kimia batuan menunjukkan komposisi andesit basal – riolit ( $\text{SiO}_2 = 57,12 \text{ \%berat} - 75,87 \text{ \%berat}$ ), sedangkan magmanya berafinitas alkali-kapur rendah – tinggi ( $\text{K}_2\text{O} = 0,3 - 4,19 \text{ \%berat}$ ), dan kandungan  $\text{TiO}_2$  relatif rendah yaitu  $0,11 - 0,82 \text{ \%berat}$ . Berdasarkan hasil analisis tersebut, kemunculan gunung api purba di sepanjang aliran kali Opak berkaitan dengan rejim tektonik regangan yang melibatkan batuan dasar sehingga memungkinkan magma naik ke permukaan bumi.

*Kata kunci: genesis, gunung api purba, kali opak, tektonik regangan, magma, yogyakarta.*

## PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia dibangun oleh jajaran gunung api berumur Kuartar atau berumur kurang dari 2 juta tahun yang lalu. Di Pulau Jawa, jajaran gunung api tersebut muncul di jalur depresi bagian tengahnya. Umumnya produk volkanisme masa kini berkomporsi andesit dan dikenal sebagai Formasi Andesit Muda (van Bemmelen, 1949), sedangkan kelompok batuan serupa yang berumur Tersier dinamakan Formasi Andesit Tua. Lokasi atau lebih tepatnya sumber erupsi yang menghasilkan batuan yang dikelompokkan ke dalam Formasi Andesit Tua ini belum diketahui secara pasti, namun pelampiran batuan tersebut melimpah di sepanjang Pulau Jawa bagian paling selatan. Gunung api yang sudah mati digolongkan sebagai gunung api purba karena kegiatannya berlangsung antara 10.000 tahun sampai dengan puluhan juta tahun yang lalu. Stratigrafi Pegunungan Selatan Jawa bagian bawah umumnya disusun oleh formasi batuan gunung api yang terdiri atas perselingan antara tefra (tuf, lapili, aglomerat), dan lava, bahkan kadang dijumpai batuan intrusi dangkal berupa *sill* dan retas. Beberapa peneliti terdahulu menyebutkan tentang adanya kegiatan gunung api bawah laut berumur Tersier yang lokasinya terletak di Pulau Jawa bagian selatan (misal: Hartono, 2010a; Hartono dan Bronto, 2009; Hartono, *et al.*, 2008; Hartono, *et al.*, 2000; Hartono, 2000; Yuwono, 1997; Bronto, *et al.*, 1994; Soeroto, 1986; dan Sopaheluwakan, 1977).

Proses keluarnya magma ke permukaan bumi atau munculnya gunung api dipengaruhi oleh banyak faktor, dalam kaitannya dengan topik makalah ini berupa struktur geologi, khususnya struktur geologi ekstensional. Produk struktur geologi yang selalu melibatkan batuan dasar (*basement*) ini di alam dapat berupa kekar-kekar regangan tidak rapat, kehadiran urat/ *vein*, dan adanya sesar normal yang ditunjukkan dengan adanya *rift valley*, lembah memanjang yang dibatasi rangkaian perbukitan struktural di kedua sisinya serta berasosiasi dengan volkanisme sinder. Energi dari dalam bumi dalam hubungannya dengan pembentukan struktur geologi bukan semata-mata diterjemahkan sebagai pengangkatan/ penurunan massa batuan, melainkan adanya peran dari magma juga. Artinya dalam hal pembangunan gunung api, magma dengan kandungan rendah silika berbeda dengan magma yang kaya

silika. Magma rendah silika membentuk gunung api tameng dan kerucut sinder, sedangkan kaya silika membentuk gunung api komposit/strato dan kaldera.

Makalah ini mencoba mengungkap fenomena hubungan kemunculan gunung api dengan keberadaan sesar di sepanjang Kali Opak, Daerah Istimewa Yogyakarta (Gambar 1). Secara umum batuan gunung api yang mendasari aliran Kali Opak dikelompokkan ke dalam Formasi Kebo-Butak, Formasi Semilir, dan Formasi Nglanggeran (Surono, *et al.*, 1992 dan Rahardjo, *et al.*, 1977). Kelompok batuan ini dipermukaan bumi membentuk bentang alam gawir terjal berarah baratdaya – timurlaut sejajar dengan aliran Kali Opak dan di dalamnya juga terdapat bentang alam melingkar seperti bulan sabit dan kerucut. Hal ini kemungkinan berkaitan dengan tataan tektonik dan struktur geologi gunung api yang bekerja pada saat itu. Selain itu, adanya deduksi bahwa dominasi batuan gunung api di sepanjang aliran Kali Opak dihasilkan oleh gunung api purba monogenik maupun poligenik, dan kemunculan gunung apinya difasilitasi oleh tektonik rejim regangan. Oleh sebab itu pemikiran ini perlu dikaji secara komprehensif, setidaknya melibatkan ilmu gunung api, geologi struktur, dan stratigrafi. Pemilihan lokasi karena pertimbangan daerah tersebut banyak tersingkap batuan gunung api primer maupun sekunder, dan Kali Opak selalu dihubungkan dengan keberadaan gempa dan sesar aktif.



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian.

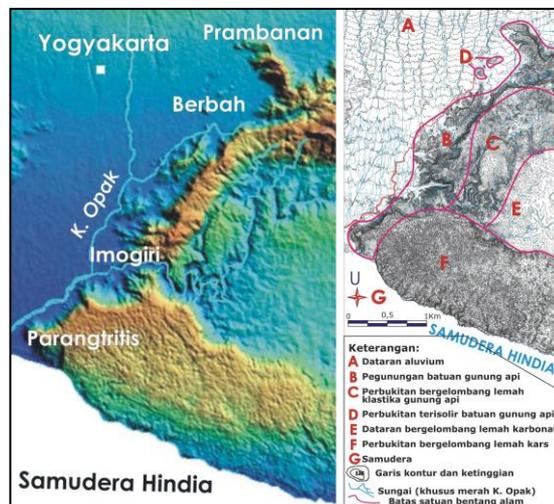
## METODE PENELITIAN

Pendekatan terhadap permasalahan adalah dengan melakukan penelitian geologi. Pengamatan dan pengukuran terhadap data geologi dilakukan di lapangan maupun di laboratorium. Di lapangan dilakukan pemerian fisik batuan gunung api seperti jenis batuan, pengukuran arah aliran dan luas sebaran, sedangkan pemahaman magmanya melalui analisis petrografis dan kimia batuanannya. Analisis petrografis untuk mengetahui kehadiran mineral modal, dan analisis kimia untuk mengetahui afinitas/seri magma berdasarkan kandungan total alkali ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ), FeO total, MgO menurut diagram segitiga Irvine & Baragar, (1971). Analisis struktur geologi dilakukan berdasarkan hasil penelitian Sudarno (1997) dan data primer yang dilakukan penulis untuk mengetahui pola umum sesar Kali Opak.

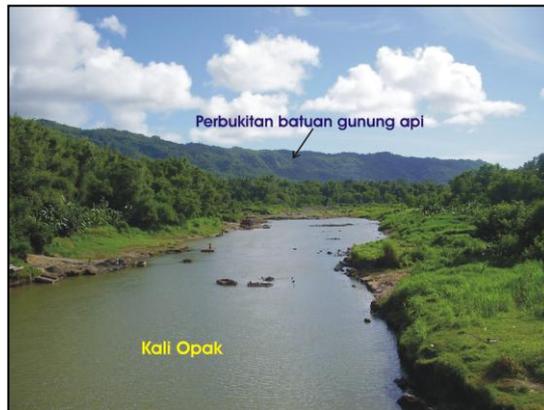
## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Bentang alam

Analisis bentang alam di sekitar aliran Kali Opak yang didasarkan pada pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan terhadap data kelerengan, beda tinggi, bentuk relief, besar bukit, maupun studi citra SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mapping*) dengan resolusi  $\pm 30$  meter dan peta topografi skala 1:25.000 menghasilkan tujuh satuan bentang alam (Gambar 2). Dikarenakan daerah penelitian hanya berupa bentang alam lembah atau sungai (Gambar 3), maka perlu dijelaskan bentang alam sekitar yang melingkupinya seperti tercantum pada Tabel 1.



Gambar 2. Analisis citra SRTM dan bentang alam daerah Kali Opak dan sekitarnya.



Gambar 3. Kenampakan bentang alam lembah Kali Opak dengan latar belakang perbukitan batuan gunung api yang membentuk gawir terjal lurus.

Tabel 1. Hasil analisis bentang alam daerah aliran Kali Opak dan sekitarnya.

No	Satuan Bentang Alam	Karakteristik Geomorfik	Litologi/Formasi
1	A. Dataran aluvium	Datar, kelerengan < 1°, ketinggian mencapai 90 m (dpl),	Endapan (Qa) aluvium G. Merapi (+ 2914m dpl) terdiri atas material lepas berukuran lempung - pasir dan kerikil.
2	B. Perbukitan batuan gunung api	Kelerengan terjal dari 25° - 80°, ketinggian > 300 m (dpl), berbentuk memanjang, beberapa melengkung membentuk mirip tapal kaki kuda ( <i>horseshoes-shape</i> ) dan berelief kasar. Sebagian melingkupi batuan beku intrusi di bagian dalamnya dan sering dijumpai alterasi hidrotermal. Hal ini kemungkinan berhubungan dengan volkanisme purba.	Breksi andesit basal piroklastika, breksi andesit basal otoklastika dan breksi pumis (Formasi Nglanggran dan Formasi Semilir).
3	C. Perbukitan bergelombang lemah klastika gunung api	Perbukitan bergelombang lemah dengan ketinggian < 250 m (dpl), kelerengan antara 15° - 30°, berbentuk memanjang. Hal ini kemungkinan berhubungan dengan struktur geologi.	Breksi pumis tuf, lapili tuf dan tuf (Formasi Semilir, Formasi Sambipitu dan Formasi Oyo).
4	D. Terisolir batuan gunung api	Bukit - bukit yang terpisah dari bentang alam utama dan umumnya dipisahkan atau dikelilingi oleh bentang alam dataran. Bentang alam ini berbentuk kubah atau kerucut dengan ketinggian antara 100-150 m (dpl), kelerengan sedang antara 10° - 25° dan berelief landai.	Batuan beku berupa lava (Formasi Kebo-Butak).
5	E. Dataran bergelombang lemah karbonat	Relief yang bergelombang lemah - sedang, kelerengan landai antara 10° - 20° dan ketinggian bentang alam ini kurang dari 150 m (dpl). Bentang alam ini dikenal dengan dataran Wonosari.	Batuan sedimen karbonat berlapis dan batugamping masif (Formasi Wonosari).
6	F. Bergelombang lemah kars	Morfologi kerucut simetris yang membentang dengan arah barat - timur. Kelerengan 15° - 45° dan beda tinggi antara 50 - 175 m (dpl).	Formasi Wonosari
7	G. Samudera	Permukaan air yang selalu bergerak atau berombak. Hamparan laut ini menempati bagian selatan atau dikenal dengan nama Pantai Selatan	-

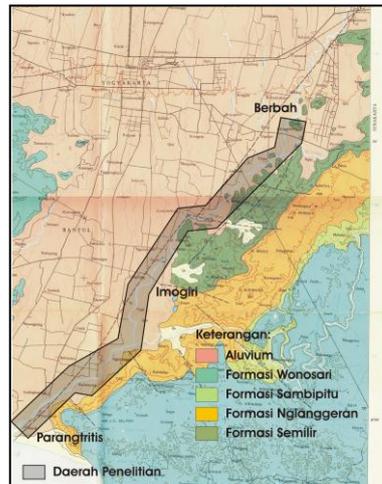
Kali Opak merupakan daerah aliran sungai (DAS) yang mengalir di wilayah Yogyakarta. Sungai ini sebagai sungai utama yang berhulu di gunung Merapi dan dibangun oleh anak-anak sungai yang membentuk sistem/ pola aliran sub dendritik dan sub rektangular. Berdasarkan hasil analisis di atas, aliran Kali Opak dari daerah Berbah – Parangtritis umumnya mengalir di atas batuan gunung api.

### **Stratigrafi**

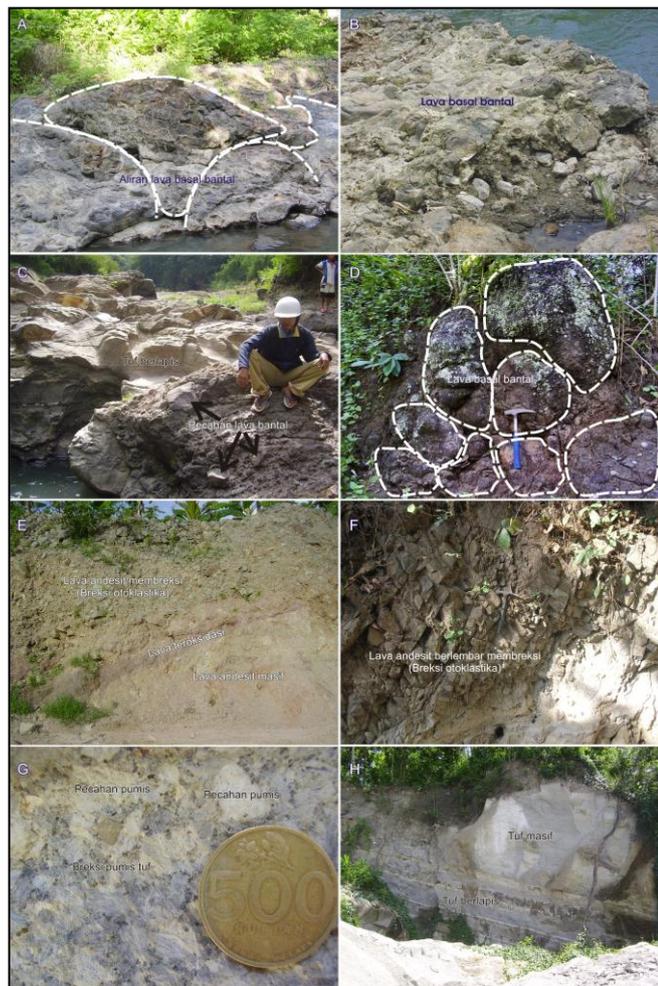
Stratigrafi daerah sepanjang aliran Kali Opak dan sekitarnya disusun oleh batuan asal gunung api berupa aliran lava, breksi andesit, breksi pumis dan tuf, yang dikelompokkan dalam Formasi Kebo-Butak, Formasi Semilir, dan Formasi Nglanggran (Gambar 4; Rahardjo, *et al.*, 1977). Aliran lava yang dijumpai berwarna abu-abu gelap, tekstur afanit-hipokristalin halus yang memperlihatkan struktur bantal, otoklastika dan vesikuler halus, komposisi basal-andesit basal, umumnya hadir bersama-sama dengan breksi andesit; breksi pumis memperlihatkan warna terang keabu-abuan, tekstur piroklastika terdiri atas fragmen pumis dan matrik tuf, struktur masif – berlapis, komposisi kuarsa, feldspar dan gelas (Gambar 5).

### **Petrologi**

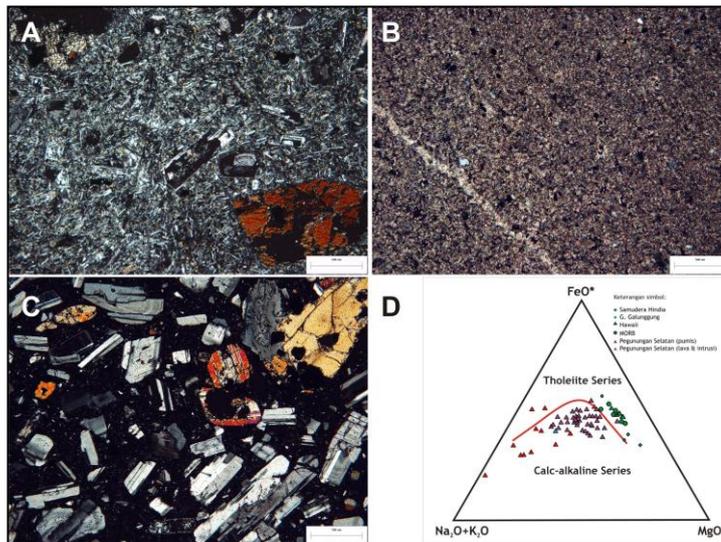
Batuan gunung api sebagai penyusun utama di sepanjang aliran Kali Opak berupa lava, breksi piroklastika, breksi otoklastika, tuf lapili dan pumis. Batuan gunung api tersebut berkomposisi mulai dari basal hingga dasit, dan sedikit riolit. Secara mikroskopis batuan gunung api yang ada memperlihatkan tekstur vitrofirik, dan porfiroafanit hipokristalin (Gambar 6). Tekstur vitrofir berhubungan dengan pengkayaan mineral gelas, sedikit kristal dan litik, terdapat pada batuan fragmental berupa tuf dan pumis. Tekstur hipokristalin menunjukkan komponen gelas dan kristal pada batuan gunung api berupa lava, breksi otoklastika, dan breksi piroklastika. Data geokimia berupa perajahan unsur oksida utama batuan dilakukan dengan menggunakan diagram Irvine-Baragar (1971) menunjukkan kisaran komposisi andesit basal – riolit ( $\text{SiO}_2 = 57,12 \text{ \%berat} - 75,87 \text{ \%berat}$ ), sedangkan magmanya berafinitas alkali-kapur rendah – tinggi ( $\text{K}_2\text{O} = 0,3 - 4,19 \text{ \%berat}$ ), dan kandungan  $\text{TiO}_2$  relatif rendah yaitu  $0,11 - 0,82 \text{ \%berat}$  (Hartono, 2010b).



Gambar 4. Peta geologi daerah aliran Kali Opak (Rahardjo, *et al.*, 1977).



Gambar 5. Aliran lava bantal penunjuk gunung api bawah permukaan laut di Kalitirto, Berbah, Sleman (A); di Kali Opak, Kunden, Jambidan (B, C), dan di Segoroyoso, Bantul (D); Lava obreksi dan lava lembar, Parangtritis (E, F) penunjuk lingkungan darat; sedangkan Breksi pumis, Kalitirto, Berbah, Sleman (G); Tuf, Sindet (H) penunjuk produk letusan gunung api.



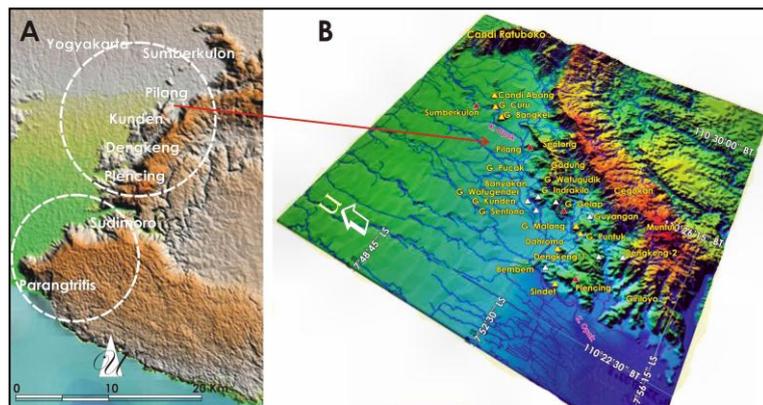
Gambar 6. Kenampakan petrografis yang memperlihatkan variasi tekstur batuan gunung api di Kali Opak (A, B, dan C), dan D merupakan perajahan batuan Pegunungan Selatan Yogyakarta yang dibandingkan dengan petrologi batuan gunung api lokasi lain hasil peneliti terdahulu dalam diagram Irvine & Baragar, 1971 (Hartono, 2010b).

Berdasarkan hasil analisis terpadu terhadap bentang alam, stratigrafi, dan petrologi maka di sepanjang Kali Opak dari dusun Berbah sampai Parangtritis dapat ditentukan keberadaan sisa tubuh gunung api purba. Sisa tubuh gunung api tersebut tampak berjajar di sepanjang aliran Kali Opak (Gambar 7). Uraian lengkap untuk masing-masing sisa tubuh gunung api dapat di lihat pada Tabel 2. Bronto *et al.* (2008a) menyatakan bahwa batuan gunung api yang tersingkap di Desa Wonolelo, Bantul yang posisi stratigrafinya terletak di bawah Formasi Semilir diusulkan sebagai Formasi Wonolelo. Di sisi lain breksi pumis yang tersingkap di Desa Sindet diusulkan sebagai Formasi Sindet (Bronto *et al.* 2008b). Hal ini dapat memperjelas pendapat yang dikemukakan Soeria-Atmadja, *et al.* (1994) bahwa berdasarkan penharikan umur radiometri batuan yang tersingkap di Parangtritis menunjukkan umur setara dengan Formasi Kebo-Butak, bukan seperti yang sekarang diacu yaitu Formasi Nglanggran.

### Struktur Geologi

Analisis struktur geologi mengacu pada hasil penelitian terdahulu yang dilakukan baik berasal dari analisis citra dan pengukuran langsung di lapangan. Hasil

analisis berdasarkan citra yang dilakukan oleh Chotin, *et al.*, (1984) menunjukkan sesar mendatar dekstral yang umumnya berarah baratlaut - tenggara dan sesar normal umumnya berarah timurlaut - baratdaya. Struktur sesar umumnya berupa sesar turun berpola “*antithetic fault blocks*” (van Bemmelen, 1949). Rahardjo *et al.*, (1977) menyebutkan bahwa sesar K. Opak berupa sesar normal, blok timur relatif naik terhadap blok barat, dan menduga dikontrol oleh sesar bawah permukaan yang berarah timurlaut – baratdaya. Di pihak lain, Sudarno (1997) menyimpulkan bahwa sesar tertimbun di sepanjang K. Opak merupakan sesar turun yang terbentuk pada sesar mendatar yang telah ada sebelumnya (Gambar 8 dan 9). Sesar mendatar ini mengalami reaktifasi sehingga terbentuk sesar turun. Sesar ini juga menghasilkan sesar turun berarah utara-selatan di sekitar Parangtritis. Bronto *et al.* (1998) menginterpretasikan tanda - tanda sesar di K. Ngalang, K. Putat dan Jentir sebagai bagian dari longoran besar (*mega slumping*) tubuh gunung api.



Gambar 7. Lokasi yang memperlihatkan sisa tubuh gunung api purba di sepanjang aliran Kali Opak dan sekitarnya (A) dan lokasi perbesaran di dusun Pilang (B).

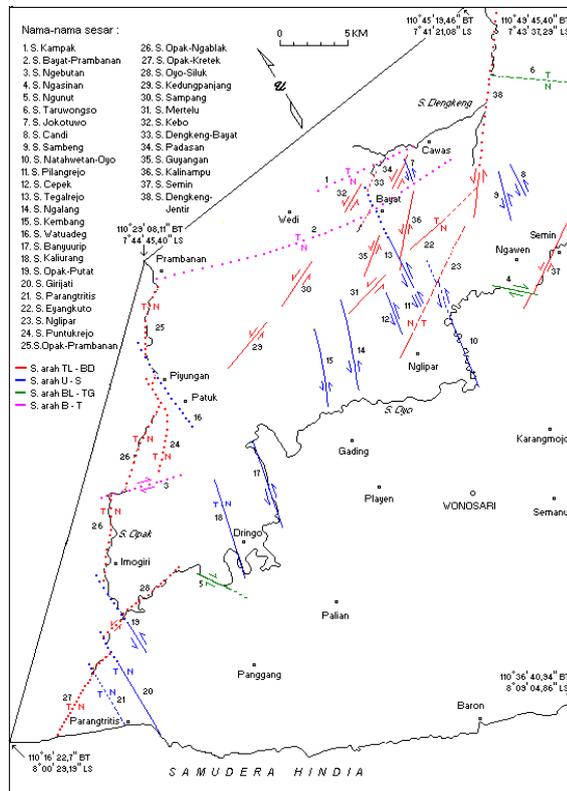
Tabel 2. Daftar hasil analisis terpadu keberadaan gunung api purba di sepanjang aliran Kali Opak, Yogyakarta (Hartono, 2010b).

Nama Gunung Api Purba	Lokasi	Indikasi Bentang Alam dan Litologi
1. G. Parangtritis	Di utara pantai Parangtritis, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, 7° 59' 30" – 8° 1' 30" LS - 110° 19' – 20' 45" BT.	Tinggian tersusun oleh perlapisan aliran lava dan breksi piroklastika yang diterobos retas, kesemuanya berkomposisi andesit
2. G. Sudimoro – Imogiri	G. Sudimoro, Kecamatan Imogiri dan Dlingo, Kabupaten Bantul, 7° 55' – 59' LS - 110° 19' – 20' 45" BT.	Cekungan, tersusun oleh batuan ubahan, pada dinding dan puncak G. Sudimoro terdiri dari perlapisan aliran lava dan breksi piroklastika berkomposisi andesit

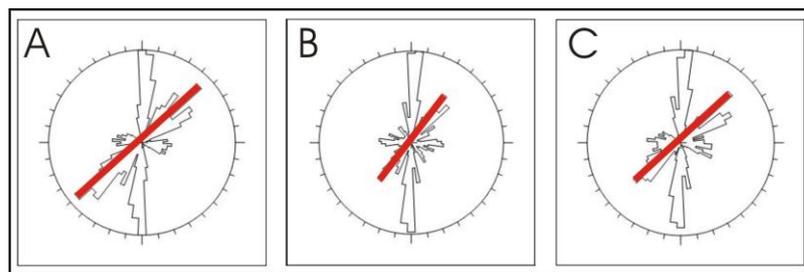
3. G. Plencing	Dusun Plencing, Desa Imogiri, Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul	Intrusi andesit basal, breksi ko-ignimbrit
4. G. Wonolelo – Pleret	Desa Wonolelo, Kecamatan Pleret, Kabupaten Bantul, 7° 52' 58,0" LS – 110° 25' 58,4" BT.	Tinggian tersusun oleh perlapisan lava dan breksi andesit, sisipan konglomerat dan tuf
5. G. Dengkeng kidul	Dusun Dengkeng, Desa Wukirsari, Imogiri, Kabupaten Bantul	Lava dan breksi piroklastika basal
6. G. Guyangan	Dusun Guyangan, Desa Wonolelo, Pleret, Kabupaten Bantul	Lava, breksi dan tuf andesit basal
7. G. Sentono	Desa Pleret, Pleret, Kabupaten Bantul	Lava dan breksi piroklastika basal – andesit basal.
8. G. Kunden	Desa Jambidan, Pleret, Kabupaten bantul	Lava dan breksi piroklastika basal – andesit basal. Di dasar sungai menampakkan struktur bantal
9. G. Watugender - Gelap	Desa Bawuran, Pleret, Kabupaten Bantul	Lava dan breksi piroklastika basal – andesit basal
10. G. Banyak	Dusun Banyak, Desa Srimulyo, Kabupaten Bantul	Lava dan breksi piroklastika basal – andesit basal
11. G. Pilang	Dusun Pilang, Desa Srimulyo, Piyungan, Kabupaten Bantul, 7°50'31,3"LS – 110° 26'49,5"BT	Breksi piroklastika, batulapili skorja, tuf dan klastika lava basal – andesit basal.
12. G. Watuadeg Sumberkulon	Kali Opak, Dusun Sumberkidul, Desa Kalitirto, Kecamatan Berbah, Kabupaten Sleman, 7° 48'29,6" LS – 110° 27' 34,0 BT	Aliran lava basal piroksen berstruktur bantal, struktur aliran berarah U70°T di bagian utara sampai dengan U150°T di bagian selatan K. Opak; 200 m di sebelah baratnya terdapat bukit kecil juga tersusun oleh basal piroksen, umur 56,3 ± 3,8 Ma

Pembahasan didasarkan pada hasil analisis komprehensif seperti tersebut di muka, analisis citra landsat dan pemeriksaan di lapangan menunjukkan bahwa bentang alam dan petrologi sangat mendukung adanya sisa tubuh gunung api purba atau kegiatan volkanisme secara *in situ* di sepanjang aliran Kali Opak, Yogyakarta. Data bentang alam dan litologi penyusun merupakan bukti yang sangat kuat dalam kaitannya dengan topik bahasan yang berujung pada identifikasi lokasi sumber erupsi atau melokalisir sebaran batuan gunung api. Bentang alam bekas gunung api purba berupa bukit semi kerucut – kerucut, selain itu juga ditunjukkan oleh kenampakan struktur melingkar di bagian puncak, yang di dalamnya kadang berbentuk cekungan dan atau terdapat bukit sumbat lava. Pada umumnya tampak ada bagian dari bentang alam setengah melingkar tersebut terbuka ke suatu arah. Struktur bukaan tersebut diperkirakan akibat letusan kuat atau longoran berskala sektoral dan atau akibat erosi/ pelapukan eksogenik. Bentang alam daerah Sudimoro, dan daerah Pilang membuka ke arah utara merupakan contoh pernyataan yang terakhir tersebut,

sedangkan bentang alam skala kecil umumnya ditunjukkan oleh batuan hanya sejenis misalnya di Kalitirto, Kunden, dan Segoroyoso.



Gambar 8. Hasil analisis kekar dan sesar sepanjang Kali Opak (No: 25-27) dan daerah sekitar di Pegunungan Selatan (Sudarno, 1997).



Gambar 9. Hasil analisis per segmen litologi A. Formasi Kebo-Butak, B. Formasi Semilir, dan C. Formasi Nglanggran yang memperlihatkan arah umum baratdaya – timurlaut dan utara – selatan (Sudarno, 1997).

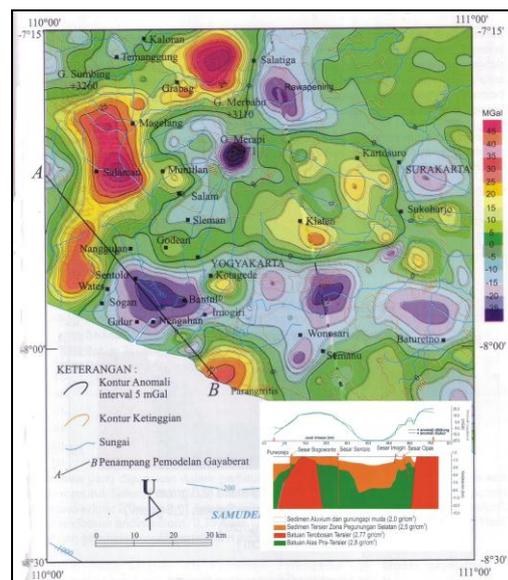
Secara konsep kegunungapian bahwa litologi penyusun di fasies pusat gunung api adalah batuan beku intrusi, yang berbentuk sumbat lava/ leher gunung api, retas dan atau *sill*, serta indikasi alterasi hidrotermal dan mineralisasi logam sulfida. Pada fasies proksimal gunung api litologi penyusun yang sangat khas untuk gunung api

strato/ komposit adalah perlapisan antara breksi piroklastik dan aliran lava, serta sisipan tuf yang mempunyai komposisi relatif sama. Di sisi lain khususnya pada gunung api yang meletus berskala besar ( $VIE > 5$ ) atau setara dengan pembentukan kaldera, teridentifikasi dengan melimpahnya pumis dalam bentuk breksi pumis, batulapili dan tuf dengan pelamparan sangat luas serta secara vertikal sangat tebal. Hal ini dapat teramati pada hasil analisis perajahan batuan yang menunjukkan komposisi sangat asam (dasit-riolit), artinya magma mengandung gas dalam jumlah berlebih sehingga dapat membongkar penutup kawah dengan tenaga letusan yang sangat dahsyat. Bronto, *et al.* (2009) menyebutkan bahwa fasies pusat sampai proksi gunung api tipe kaldera letusan ini dicirikan oleh penampakan cekungan dan di sekitarnya banyak terdapat breksi aneka bahan (*co-ignimbrite breccias*) yang bercampur dengan pumis dalam berbagai ukuran (contoh: Formasi Semilir).

Berdasarkan hasil analisis graviti yang ditunjukkan pada peta anomaly Bouguer (Widijono dan Subagio, 2009) memperlihatkan adanya anomali positif yang ditengarai sebagai batuan beku (Gambar 10). Hasil analisis tersebut sangat kuat mendukung keberadaan sisa tubuh gunung api di daerah penelitian. Daerah yang mempunyai anomali positif tersebut meliputi daerah Bantul, Imogiri, dan Berbah, Prambanan. Adanya sinkronisasi data permukaan dan bawah permukaan menunjukkan kepastian bahwa daerah penelitian dibangun oleh gunung api atau bentang alam yang tampak sekarang ini merupakan bentang alam bentukan proses magmatisme – volkanisme bukan produk tektonik seperti yang dipercayai hingga saat ini. Hal ini penting dan perlu ditekankan bahwa kegiatan tektonik hanya sebagai fasilitator pembentuk rekahan atau jalan pada batuan sehingga magma dapat bergerak naik hingga mencapai permukaan bumi membentuk gunung api. Hal ini juga dibuktikan oleh adanya kekar-kekar regangan yang telah terisi oleh mineral sekunder dalam dimensi urat atau vein yang secara genesis berasal dari magma. Arah umum kekar dan urat tersebut menunjukkan arah timurlaut – baratdaya. Di pihak lain, geomorfologi juga mendukung adanya tektonik skala regional yang menghasilkan jajaran perbukitan dan *rift valley* atau lembah diantara dua jajaran perbukitan memanjang yang dalam hal ini, perbukitan bagian barat sudah hilang (?). Tidak secara kebetulan aliran Kali Opak relatif lurus memanjang berarah timurlaut – baratdaya karena aliran ini jelas terjadi setelah pembentukan lembah utamanya dan

sebelumnya merupakan jalur lemah sesar mendatar sinistral (Sudarno, 1997). Artinya kegiatan tektonik yang *men-drive* terjadinya kekar-kekar regangan dan sesar bukaan yang berlanjut menjadi sesar mendatar tersebut merupakan jalan keluarnya magma ke permukaan bumi membangun gunung api monogen dan poligen di sepanjang aliran Kali Opak.

Pentarikhan umur radiometri yang dilakukan oleh Soeria-Atmadja *et al.* (1994), dan Ngkoimani, (2005) memperlihatkan umur volkanisme di Kali Opak tertua dan volkanisme yang lebih muda. Artinya kegiatan tektonik daerah ini lebih tua atau mendekati umur batuan magma yang melalui atau menerobosnya. Tampak volkanisme awal terjadi di daerah Kalitirto, Sumberkulon, Berbah di bagian utara yang kemudian diikuti oleh volkanisme yang terjadi di daerah Parangtritis di bagian selatan (Tabel 3).



Gambar 10. Hasil analisis gravitasi yang memperlihatkan struktur bawah permukaan bumi yang memotong Kali Opak di Imogiri (Widijono dan Subagio, 2009).

Periode erupsi gunung api purba yang terekam pada batuan gunung api di atas memperlihatkan masa hidup masing – masing gunung api. Pada umumnya periode awal dikuasai oleh magma berkomporsi basal dan berdiferensiasi menjadi magma yang lebih asam. Hal ini dapat dipelajari berdasarkan produk batuanya. Oleh sebab itu di daerah penelitian diperkirakan telah terjadi beberapa kali periode erupsi membangun (*contructions period*) yang diwakili oleh pembentukan Formasi Kebo-

Butak, dan Formasi Nglanggeran, sedangkan periode erupsi merusak (*destructions period*) diwakili oleh pembentukan Formasi Semilir yang lokasi sumber erupsinya belum jelas. Selanjutnya berkembang sedimentasi yang menghasilkan batuan klastika sebagai produk pengerjaan ulang batuan gunung api sebelumnya.

Tabel 3. Pentarikan umur absolut batuan gunung api yang mewakili kawasan gunung api menurut peneliti terdahulu.

No.	Nama Kawasan Gunung Api	Umur Absolut (juta tahun)	Nama Peneliti
1.	Parangtritis – Sudimoro	26,4 ± 0,0 26,5 ± 0,0	Soeria-Atmadja <i>et al.</i> (1994)
2.	Sumberkulon – Dengkeng	57,3 ± 3,8 (Watuadeg)	Ngkoimani, (2005)

## KESIMPULAN DAN SARAN

### 1. Kesimpulan

- Daerah aliran Kali Opak dari dusun Berbah, Sleman sampai Parangtritis, Bantul didasari oleh batuan gunung api berumur Tersier yang dihasilkan oleh gunung api yang pernah aktif di sepanjang alirannya. Aliran Kali Opak sebagai lembah curam berarah baratdaya – timurlaut dan sisi timurnya dibatasi oleh bentangan gawir terjal lurus berarah sejajar dengan Kali Opak.
- Terdapat hubungan mula jadi antara munculnya magma ke permukaan bumi yang berkembang menjadi jajaran gunung api di sepanjang aliran Kali Opak dengan asal usul Kali Opak sebagai jalur lemah akibat patahan. Ruang di antara patahan batuan dasar inilah dimungkinkan magma dapat bergerak ke permukaan bumi. Hal ini terbukti dengan tersingkapnya banyak aliran lava dengan struktur bantal berdimensi relatif kecil dan banyak kekar-kekar regangan sempit yang terisi oleh mineral sekunder.

### 2. Saran

Penelitian ke depan perlu dilakukan pemetaan bawah permukaan bersekala besar dalam rangka menguji keberadaan sisa tubuh gunung api purba dan sebaran primer batuanya. Selain itu juga untuk memahami kejelasan dinamika bumi dalam kaitannya dengan lokasi penelitian sebagai jalur sesar aktif (sesar Kali Opak).

Kejelasan tersebut sangat membantu dalam hal pencairan ataupun penemuan lokasi sumberdaya mineral baru dan penentuan zona rawan bencana kegempaan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada Kopertis Wilayah V DIY yang telah mendanai penelitian dan menerima makalah ini hingga diterbitkan dalam jurnal ilmiah. Kepada Ketua STTNas dan Ketua Jurusan Teknik geologi STTNas yang telah memberikan waktu kepada penulis untuk melakukan kerja lapangan. Tak lupa juga diucapkan rasa terima kasih kepada Prof. Dr. Sutikno Bronto atas arahan dan diskusinya yang sangat menarik selama melakukan penelitian di lapangan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Bronto, S., Hartono, G., Astuti, B.S. dan Mulyaningsih S., 2008a, Formasi Wonolelo: Usulan Nama Satuan Litostratigrafi Baru Untuk Batuan Gunung Api Tersier di Daerah Bantul, Yogyakarta, Seminar Nasional Ilmu Kebumihan “Tantangan dan Strategi Pendidikan Geologi dalam Pembangunan Nasional” *Jur. Tek. Geologi FT UGM*, D4.1 – D4.23.
- Bronto, S., Hartono, G., Astuti, B.S. dan Mulyaningsih S., 2008b, Formasi Sindet dan Formasi Wonolelo: Usulan Satuan Litostratigrafi Baru di Pegunungan Selatan, Bantul-Yogyakarta, Seminar Nasional Ke 3, Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi (RETI), *STTNAS*.
- Bronto, S., Misdiyanta, P., Hartono, G. dan Sayudi, S., 1994, Penyelidikan Awal Lava Bantal Watuadeg, Bayat dan Karangsembung, Jawa Tengah, Kumpulan Makalah Seminar: Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa, Sejak Akhir Mesozoik Hingga Kuartar, *Jur. Tek. Geologi*, F. Teknik, UGM, Yogyakarta, h. 123-130.
- Bronto, S., Mulyaningsih, S., Hartono, G. dan Astuti, B., 2009, Waduk Parangjoho dan Songputri: Alternatif sumber erupsi Formasi Semilir di daerah Eromoko, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah, *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 4, No. 2, hal. 77-92.
- Chotin, P., A. Giret, J.P. Rampnoux, L. Rasplus, Suminta, dan S. Priyomarsono.1984. Etude de la fracturation dans l’ile de Java, Indonesie, *Bull. Soc. Geol. France*, T. XXVI, No.6, Hal. 1325-1333.
- Hartono, G., 2000, *Studi Gunung api Tersier: Sebaran Pusat erupsi dan Petrologi di Pegunungan Selatan Yogyakarta*. Tesis S2, ITB, 168 p, tidak diterbitkan.
- Hartono, G., 2010a, *Peran Paleovolkanisme Dalam Tataan Produk Batuan Gunung Api Tersier Di Daerah Gunung Gajahmungkur, Wonogiri, Jawa Tengah*. Tesis S3, UNPAD, 338h., tidak diterbitkan.
- Hartono, G., 2010b, Geomorfologi dan Petrologi dalam Kajian Penentuan Lokasi Sumber Erupsi Gunung Api Purba di Pegunungan Selatan, Daerah Istimewa Yogyakarta, Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian, Kopertis Wilayah V, Yogyakarta.

- Hartono, G., dan Bronto, S. 2009, Lapangan Gunung Api Tersier Daerah Berbah Sleman – Imogiri Bantul, Yogyakarta, Dalam Setijadji, L.D., Wilopo, W., dan Hendratno, A., *Prosiding International Conference on Earth Science & Technology*, UGM, Yogyakarta, hal. 113-120.
- Hartono, G., S. Bronto & S. Yuwono, 2000, Tertiary Volcanism in the Southern Mountains of Yogyakarta-Central Java, Indonesia, abstr., *IAVCEI General Assembly*, Exploring Volcanoes: Utilization of Their Resources and Mitigation of Their Hazards, July, 18-22, 2000, Bali-Indonesia, 255.
- Hartono, G., Sudradjat, A., dan Syafri, I. 2008. Gumuk Gunung Api Purba Bawah Laut di Tawang Sari-Jomboran, Sukoharjo-Wonogiri, Jawa Tengah, *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 3 No. 1, *Badan Geologi*, Bandung, hal. 37-48.
- Irvine, T.N dan Baragar, W.R.A. 1971, A Guide to The Chemical Clasification of The Common Volcanic Rocks, *Can. J. Earth Sci.*, 8, hal 523-548.
- Ngkoimani, L. 2005. *Magnetisasi Pada Batuan Andesit di Pulau Jawa serta Implikasinya Terhadap Paleomagnetisme dan Evolusi Tektonik*, Disertasi Doktor, Fakultas Pasca Sarjana, ITB, Indonesia, 110 hal., tidak diterbitkan.
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi dan Rosidi, H.M.D., 1977, Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa, skala 1:100.000, *Puslitbang Geologi*, Bandung.
- Soeria-Atmadja, R., Maury, R. C., Bellon, H., Pringgoprawiro, H., Polve, M. & Priadi, B., 1994, The Tertiary Magmatic Belts in Java, *Journal of SE-Asian Earth Sci.*, vol.9, no.1/2, p.13-27.
- Soeroto, R.B., 1986, Identifikasi Fosil Gunung Api Strato Bawah Muka Laut, *Wimaya*, No.1,2 dan 3, UPN"Veteran" Yogyakarta.
- Sopaheluwakan, J., 1977, Ringkasan Peristiwa-Peristiwa Tektonik Pada Batuan Andesit Tua di Selatan Jawa, *Majalah Ilmiah Riset*, Lembaga Geologi & Pertambangan Nasional, Vol. 1, No. 1, h. 34-41.
- Sudarno, Ign., 1997, Petunjuk Adanya Reaktifasi Sesar di Sekitar Aliran Sungai Opak, Perbukitan Jiwo dan Sisi Utara Kaki Pegunungan Sealatan, *Media Teknik No.1* Tahun XIX Ed. Feb., p.13-19.
- Surono, Sudarno, I dan Toha, B., 1992, Peta Geologi Lembar Surakarta – Giritontro, Jawa, skala 1:100.000, *Puslitbang Geologi*, Bandung.
- Van Bemmelen, RW., 1949, *The Geology of Indonesia*, Vol IA, Government Printing Office, 732 h.
- Widijono, B.S., dan Subagio, 2009, Anomali Gaya Berat Sebagai Salah Satu Petunjuk Keterdapatn Gejala Struktur geologi Daerah Jogjakarta dan Sekitarnya, *Prosiding Workshop Geologi Pegunungan Selatan 2007*, *Pusat Survei Geologi*, Badang Geologi, Bandung, hal.105-122.
- Yuwono, Y.S., 1997, The Occurrence of Submarine Arc-Volcanism in the Accretionary Complex of The Luk Ulo Area, Central Java, *Buletin Geologi*, Vol. 27, No. 1/3, ITB, Bandung, h.15-25.