

Tinjauan Volkanisme Paleogen Jawa

(Preliminary Study of Jawa Paleogene Volcanism)

Oleh (By):

S. Bronto¹⁾, S. Bijaksana²⁾, P. Sanyoto¹⁾, L. Ngkoimani³⁾, G. Hartono⁴⁾ & S. Mulyaningsih⁵⁾

Sari

Di Jawa, volkanisme berumur ≥ 30 jtl. teridentifikasi berdasar data peta geologi dan analisis radiometri. Di dalam peta geologi, volkanisme tertua ditunjukkan oleh adanya batuan gunungapi Formasi Citirem (Mesozoikum) di dekat Pelabuhanratu Jawa Barat, sedangkan analisis K-Ar di Kokap, Kulon Progo memberikan umur 75 jtl. Kegiatan ini diikuti oleh pembentukan Formasi Jatibarang (Kapur-Eosen Awal), Kaldera Cibitung (59 jtl.) di selatan Subang, Jawa Barat, lava bantal basal piroksen Watuadeg dan andesit Kali Ngalang, Gunungkidul, Yogyakarta (56-58 jtl.), serta Formasi Cikotok (Eosen Awal) di daerah Bayah. Volkanisme pada Eosen Tengah diwakili oleh erupsi gunungapi di Kokap, Kulon Progo (47 jtl.) dan Pacitan (42,7 jtl.). Pada Eosen Akhir – Oligosen Awal volkanisme tersebar luas mulai dari Pr. Pogor di tenggara Sukabumi sampai dengan Pacitan Jawa Timur. Data petrologi menunjukkan bahwa volkanisme tersebut berkaitan dengan penunjaman kerak bumi. Adanya kegiatan volkanisme secara tumpang-tindih di banyak tempat di Jawa memberikan indikasi bahwa daerah tersebut kemungkinan merupakan bagian dari busur gunungapi tetap selama ini. Permasalahan lebih lanjut adalah tetapnya itu secara mutlak atau mengalami perpindahan tetapi dengan jarak yang selalu tetap dari penunjaman kerak bumi ke busur gunungapi.

Kata kunci: volkanisme, paleogene, Jawa, busur gunungapi

Abstract

Volcanisms having ages ≥ 30 Ma. are identified based on geologic maps and radiometric dating. In the geologic map, the oldest volcanism, located in the south of Pelabuhanratu West Jawa, is shown by the presence of Mesozoic age of Citirem Formation, while K-Ar analysis at West Progo Mountains gives 75.87 ± 4.06 Ma. This volcanic activity was followed by eruptions of Jatibarang Formation (Cretaceous-Early Eocene), Cibitung Caldera (59.00 ± 1.94 Ma.) in the south of Subang, West Jawa, an andesitic lava of Ngalang River (58.85 ± 3.24 Ma.) Gunungkidul, basaltic pillow lavas of Watuadeg (56.32 ± 3.8 Ma.) Yogyakarta and probably Cikotok Formation (Early Eocene) in Bayah area, West Jawa. In Middle Eocene, volcanisms occurred in West Progo Mountains (47.42 ± 3.19 Ma.) and Pacitan East Jawa (42.70 ± 9.78 Ma.). During Late Eocene to Early Oligocene volcanisms were widely spread out from Pr. Pogor in the southeast of Sukabumi, West Jawa until Pacitan, East Jawa. Available petrological data show that all of those volcanisms were related to subduction setting. These superimposed volcanisms suggest that Jawa is a permanently location of a volcanic arc.

Keywords: volcanism, paleogene, Jawa, volcanic arc

- 1) Puslitbang Geologi, Bandung
- 2) Departemen Fisika, FMIPA-ITB, Bandung
- 3) Jurusan Fisika, Universitas Haluoleo, Kendari
- 4) Jurusan Teknik Geologi, STTNas Yogyakarta
- 5) Jurusan Teknik Geologi, IST 'Akprind', Yogyakarta

Pendahuluan

Stratigrafi batuan Tersier di Jawa sangat dipengaruhi oleh volkanisme pada zaman itu. Hal itu ditunjukkan oleh melimpahnya batuan gunungapi penyusun stratigrafi tersebut. Batuan gunungapi yang berumur Tersier Akhir (Neogen) telah banyak diketahui, namun yang berumur Tersier Awal (Paleogen) belum banyak diperhatikan. Hal itu berdampak pada kurangnya informasi tentang potensi sumber daya geologi yang terkandung di dalamnya. Tulisan ini bertujuan untuk memaparkan kegiatan volkanisme di Pulau Jawa selama Paleogen, terutama yang berumur ≥ 30 jtl. (juta tahun yang lalu) berdasarkan data pentarikan umur batuan gunungapi. Informasi ini dimaksudkan agar menjadi bahan pertimbangan dalam melakukan peninjauan kembali terhadap geodinamika Pulau Jawa dan sekaligus sebagai landasan dalam penelitian potensi sumber daya alam di dalam pulau tersebut. Tulisan ini antara lain berisi bahasan tentang lokasi sebaran batuan gunungapi berumur Paleogen atau yang lebih tua, apakah kegiatan volkanisme itu menerus selama waktu Paleogen atau terbagi menjadi beberapa tahapan kegiatan, dan apakah seluruh batuan gunungapi tersebut merupakan hasil kegiatan volkanisme yang berhubungan dengan penunjaman kerak bumi. Untuk mencapai tujuan dan menjawab masalah tersebut maka metoda pendekatan yang dilakukan adalah dengan menganalisis peta geologi yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, kompilasi data hasil penelitian petrologi-geokimia beserta penentuan umur mutlak, terutama dengan metoda Kalium-Argon. Kompilasi data mencakup batuan ekstrusiva dan intrusiva semi gunungapi (*subvolcanic intrusions*).

Kompilasi data primer pentarikan umur dengan metoda Kalium-Argon diperoleh dari hasil penelitian masing-masing penulis. Penulis pertama mendapatkan data umur absolut di daerah Cupunagara, Kabupaten Subang, Jawa Barat. Penulis kedua dan keempat mendapatkan data umur mutlak batuan di Kulon Progo dan Watuadeg melalui Riset Unggulan Terpadu yang mereka lakukan di daerah itu. Penulis ketiga mendapatkan data umur mutlak dari penelitiannya mengenai paleogeografi Eosen di Jawa. Data umur absolut yang menggunakan metoda K-Ar tersebut sudah diuji validitasnya sesuai dengan prosedur analisis laboratorium (Ngkoimani dkk., 2004).

Sebaran dan Umur Batuan Gunungapi

Gambar 1 memperlihatkan sebaran batuan gunungapi yang berumur ≥ 30 jtl. Di Propinsi Banten dan Jawa Barat, batuan gunungapi tersebut dijumpai di daerah Cikotok, Bayah, Ci Tirem di selatan Pelabuhan Ratu, Pasir Pogor di tenggara Sukabumi, Cupunagara di timurlaut Lembang, Bandung, Jatibarang di utara Cirebon dan Pangandaran di selatan

Banjar. Di Propinsi Jawa Tengah, Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Timur batuan gunungapi itu ditemukan di Karangsembung, Kokap di Pegunungan Kulon Progo, Kali Opak di dusun Watuadeg, Kabupaten Sleman, Kali Ngalang di dusun Jeruken, Kabupaten Gunungkidul, Pegunungan Jiwo di Bayat Kabupaten Klaten dan Kali Grindulu di Kabupaten Pacitan.

Berdasar pada data umur mutlak (Tabel 1), batuan gunungapi dapat dibagi menjadi 3 kelompok, yakni:

1. Batuan gunungapi berumur 56 - 75 jtl. (juta tahun yang lalu, Kapur – Paleosen)
2. Batuan gunungapi berumur 42 - 47 jtl. (Eosen Awal – Eosen Tengah), dan
3. Batuan gunungapi berumur 30 – 39 jtl. (Eosen Akhir – Oligosen Awal).

Batuan gunungapi kelompok pertama dijumpai di Cupunagara, Kokap, Watuadeg, Kali Ngalang, Ci Tirem (?) dan Jatibarang (?). Cupunagara merupakan sebuah desa yang termasuk wilayah Kecamatan Cisalak, Kabupaten Subang, Jawa Barat. Desa ini terletak di sebelah timur G. Tangkubanparahu, di sebelah utara G. Bukittunggul serta di sebelah timurlaut Lembang, kawasan Bandung utara. Menurut peneliti terdahulu (van Bemmelen, 1949; Silitonga, 1973) daerah ini tersusun oleh batuan gunungapi berumur Kuartar Bawah. Bronto dkk. (2004) memperkirakan daerah Cupunagara merupakan bekas kaldera gunungapi tua; di sebelah barat dinamakan Kaldera Cibitung dan di sebelah timur adalah Kaldera Cupunagara (Gb. 2). Di dalam Kaldera Cibitung terdapat batuan gunungapi berkomposisi andesit piroksen yang berumur $59,00 \pm 1,94$ jtl., sedangkan di dalam Kaldera Cupunagara ditemukan andesit piroksen berumur $36,88 \pm 3,96$ jtl.

Batuan gunungapi sangat tua ($75,87 \pm 4,06$ jtl.), berkomposisi andesit, di Pegunungan Kulon Progo ditemukan di Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Di daerah itu pula terdapat batuan gunungapi kelompok kedua ($47,42 \pm 3,19$ jtl.) dan batuan kelompok ketiga (lk. 30 jtl.). Mengacu peta geologi lembar Yogyakarta (Rahardjo dkk., 1977) wilayah ini ditempati oleh satuan batuan terobosan andesit yang diperkirakan berumur Miosen Bawah.

Batuan kelompok 1 di Watuadeg ($56,32 \pm 3,8$ jtl.) tersingkap sangat baik di Kali Opak di sebelah timur Dusun Sumber Kidul, Desa Kalitirto, Kecamatan Berbah, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Batuan ini berupa aliran lava basal piroksen, berstruktur bantal yang mempunyai kedudukan stratigrafi di bawah batuan klastika gunungapi kaya batuapung yang dikenal dengan nama Formasi Semilir (Surono dkk., 1992). Bronto & Mulyaningsih (2001) memperkirakan bahwa sumber erupsi lava bantal Watuadeg itu terletak

di bukit kecil di sebelah barat Kali Opak. Bijaksana dkk. (2004) menyatakan bahwa pada 56 jtl. lava bantal itu terletak pada $3,3^{\circ}$ di sebelah selatan dari posisi sekarang.

Di Pegunungan Selatan, batuan gunungapi kelompok 1 yang berumur $58,85 \pm 3,24$ jtl (Hartono, 2000) dijumpai di Kali Ngalang, Dusun Jeruken, Desa Gedangan, Kecamatan Gedangsari, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Namun demikian berdasar pada peta geologi (Surono dkk., 1992) batuan gunungapi di daerah ini termasuk Formasi Nglanggeran yang berumur Oligo-Miosen (25 – 15 jtl.).

Batuan gunungapi Formasi Citirem di selatan Pelabuhanratu, Jawa Barat belum mempunyai umur mutlak, tetapi menurut Sukanto (1975) batuan itu berumur Mesozoikum (Gb. 3). Formasi Citirem ini menumpang di atas kompleks Gunung Beas dan batuan metamorf, ditutupi oleh Formasi Ciletuh dan Formasi Rajamandala yang berumur Eosen-Oligosen, serta Anggota Cikarang dari Formasi Jampang, batuan beku intrusi Porfir Cilegok dan Dasit Ciemas yang berumur Miosen Bawah. Kumpulan batuan gunungapi Formasi Citirem ini terdiri dari diabas, basal, sienit, andesit dan spilit yang secara lokal berstruktur bantal.

Batuan gunungapi tua di sebelah utara Cirebon dinamakan Formasi Jatibarang yang oleh Martodjojo (1984; 2003) diperkirakan berumur Kapur – Eosen Awal. Kumpulan batuan gunungapi ini merupakan formasi bawah permukaan yang terdiri dari perlapisan lava basal dan tuf.

Sejauh ini batuan gunungapi kelompok 2 hanya ditemukan di dua lokasi, yakni di daerah Kokap, Pegunungan Kulon Progo, berumur $47,42 \pm 3,19$ jtl. dan di Kali Grindulu, Kabupaten Pacitan ($42,73 \pm 8,78$ jtl., Soeria-Atmadja et al., 1994). Batuan gunungapi di Pegunungan Kulon Progo itu berkomposisi andesit, sedang yang berada di Pacitan berupa lava basal berstruktur bantal.

Batuan gunungapi kelompok 3 paling banyak dijumpai, mulai dari Cikotok, Pasir Pogor, Cupunagara, Pangandaran, Karangsembung, Kulon Progo, Bayat dan Pacitan. Batuan gunungapi ini diperkirakan menerus hingga umur Neogen (Soeria-Atmadja et al., 1994) yang tersingkap luas terutama di Pulau Jawa bagian selatan. Di daerah Bayah, batuan gunungapi kelompok 2 yang dinamakan Formasi Cikotok, berikut batuan metamorf dan intrusi granodiorit Cihara yang berumur Eosen – Oligosen Awal terdapat bersama-sama dengan batuan gunungapi Neogen (Oligosen – Miosen) dan batuan gunungapi Kwartir (Gb. 4, Sujatmiko & Santosa, 1992). Namun demikian, analisis umur dengan metoda jejak belah terhadap intrusi granodiorit memberikan umur 21 – 23 jtl (Miosen Awal, Saefudin, 1987).

Batuan gunungapi Neogen (Nv) tersebut terdiri dari Tuf Cikasungka, Tuf Citorek, Tuf Cirotan dan Formasi Cimapak, sedangkan batuan beku intrusi semi gunungapi (Ni) berupa basal dan andesit. Batuan gunungapi Kuarter diantaranya berasal dari G. Endut di sebelah utara dan G. Halimun di sebelah timur serta terobosan andesit dan basal di bagian tengah. Dari peta geologi lembar Leuwidamar tersebut (Sujatmiko & Santosa, 1992) terlihat bahwa sebagian besar batuan gunungapi Kuarter hampir melingkupi batuan gunungapi Paleogen dan Neogen.

Pr. (Pasir) Pogor merupakan suatu bukit yang tersusun oleh batuan beku intrusi berkomposisi andesit piroksen dan terletak di sebelah selatan G. Kancana, tenggara kota Sukabumi. Sekalipun terletak di antara batuan gunungapi Pliosen (Sujatmiko, 1972), analisis radiometri dengan metoda K-Ar (Pertamina, 1988) memberikan umur $32,30 \pm 0,30$ jtl. (Oligosen Awal).

Petrologi-Geokimia

Data petrologi-geokimia menunjukkan bahwa batuan gunungapi Paleogen pada umumnya berkomposisi andesit basal (Gb. 5; 52 – 56 % SiO_2) dengan kandungan kalium rendah (Seri Toleiit) sampai menengah (Seri Kapur Alkali). Basal dijumpai di Pacitan, Bayat dan Watuadeg, sedangkan andesit terdapat di Karangsambung, Kulon Progo dan juga Pacitan. Seri Toleiit mencakup batuan gunungapi dari daerah Pangandaran, Karangsambung dan Pacitan, sedangkan yang berasal dari Watuadeg, Kulon Progo dan sebagian besar Bayat termasuk di dalam Seri Kapur Alkali. Seluruh batuan tersebut mempunyai kandungan titanium rendah ($\text{TiO}_2 \leq 1,50$ %) kecuali beberapa contoh dari Bayat dan Kulon Progo yang mencapai 1,60 – 2,0 % TiO_2 . Kandungan alumina, sebaliknya, sangat tinggi (16 – 18 % Al_2O_3), kecuali beberapa contoh yang hanya berkisar antara 14 – 15 % Al_2O_3 .

Rendahnya kandungan kalium itu, bersama-sama dengan Rb, Sr, dan Ba menjadi ciri Seri Toleiit busur gunungapi (Soeria-Atmadja et al., 1994). Demikian pula, tingginya kandungan Al_2O_3 dan banyaknya fenokris plagioklas, tetapi titanium rendah di dalam Seri Kapur Alkali juga khas pada batuan gunungapi yang terbentuk di zona penunjaman. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa pembentukan batuan gunungapi Paleogen di Jawa berhubungan dengan tataan tektonika penunjaman kerak Samodra India di bawah kerak Benua Asia.

Pembahasan

Berdasarkan data peta geologi dan radiometri diketahui telah terjadi tumpang tindih batuan gunungapi, mulai dari Zaman Kapur – Paleosen (75 – 56 jtl.), Eosen Awal-Tengah (49

– 42 jtl.) dan Eosen Akhir-Oligosen Awal (39 – 30 jtl.), bahkan di beberapa tempat vulkanisme menerus hingga Neogen dan Kuartar. Hal tersebut menunjukkan telah terjadi reaktivasi vulkanisme secara berkali-kali pada lokasi relatif tetap (Gb. 6). Namun demikian data tersebut belum secara jelas memberikan gambaran apakah secara geologi vulkanisme di Pulau Jawa itu menerus atau terbagi-bagi ke dalam beberapa perioda kegiatan. Hal itu dapat difahami karena penemuan data umur batuan gunungapi tersebut masih secara ‘kebetulan’ dan setempat-setempat. Sementara itu berdasar analisis data statistik, Ferari (1995) menyatakan bahwa lama hidup gunungapi sangat beragam, rata-rata mulai dari 240.000 tahun untuk tipe gunungapi strato sampai dengan 3,80 juta tahun untuk tipe gunungapi kompleks kaldera, tetapi lama hidup terpanjangnya dapat mencapai 1,3 hingga 14 juta tahun. Informasi ini bersama dengan data radiometri batuan gunungapi yang masih sangat terbatas di Pulau Jawa menyebabkan belum terjawabnya masalah kesinambungan vulkanisme di daerah itu.

Persoalan kedua adalah apakah adanya umur batuan gunungapi yang beragam di Pulau Jawa memang hanya di tempat-tempat tertentu, atau sebe narnya menyebar luas tetapi sebagian belum tersingkap atau belum ditemukan. Hal ini akan berdampak terhadap geodinamika Pulau Jawa, khususnya terkait dengan proses penunjaman kerak bumi, magmatisme dan vulkanisme. Apabila umur batuan gunungapi yang beragam tersebut tersebar merata di Pulau Jawa maka seluruh pulau itu memang merupakan satu kesatuan tubuh busur gunungapi. Sebaliknya, bila umur batuan gunungapi yang beragam itu hanya terdapat di tempat-tempat tertentu dimana satu sama lain tidak dapat dikorelasikan, maka dicurigai Pulau Jawa merupakan kumpulan dari lempeng-lempeng kerak bumi berukuran kecil (*microplates*).

Gambar 6 memberikan ilustrasi terjadinya tumpang tindih vulkanisme di Pulau Jawa sejak Zaman Kapur. Berdasar data petrologi vulkanisme di Jawa selalu berhubungan dengan penunjaman kerak bumi. Hal ini ditambah dengan data tomografi yang hanya memperlihatkan satu zona penunjaman (Widiyantoro, 2002) mengarah kepada interpretasi bahwa kemungkinan selama ini memang hanya ada satu penunjaman dengan sudut penunjaman relatif tetap. Pendapat ini memberikan implikasi permasalahan, yakni apakah selama kurun waktu itu busur gunungapi dan zona penunjaman secara mutlak selalu tetap pada lokasi sekarang ini, atau sudah mengalami perpindahan, namun jarak antara lokasi penunjaman kerak Samodra India ke busur gunungapi selalu tetap.

Dari penelitian Bronto dan Mulyaningsih (2001) dinyatakan bahwa sumber erupsi lava basal piroksen berstruktur bantal di Watuadeg terletak pada bukit kecil di sebelah barat Kali Opak. Namun menurut Bijaksana dkk. (2004), pada umur 56 jtl. lava ini terletak 3,3 ° di sebelah selatan dari posisi lintang sekarang, dan berdasarkan pada hasil analisis anisotropi

menunjukkan bentuk bulir-bulir lava adalah pipih, hal itu membuktikan bahwa sumber lava sangat dekat dengan sumbernya. Didasarkan pada hasil awal pemetaan paleomagnetik terhadap lava Watuadeg tersebut, diperoleh data bahwa penyebaran lava dijumpai secara radial dengan bagian yang paling tebal terletak di sekitar bukit kecil dengan arah N 200-330° E. Hal ini berarti telah terjadi perpindahan tubuh gunungapi dari asal-muasal tempat terjadinya erupsi pada Kala Paleosen ke tempat dimana sekarang berada. Apabila hal ini juga berlaku terhadap batuan gunungapi lainnya, terutama yang berumur Paleogen, maka telah terjadi perpindahan secara tektonik global; karena tubuh gunungapi berikut lempeng yang menunjam juga berpindah, tetapi jarak antara keduanya selalu tetap. Sehingga dimanapun pindahnya kerak bumi itu volkanisme selalu muncul dan menumpang di atas bekas busur gunungapi yang lebih tua. Secara geodinamika, kembali yang menjadi persolan adalah apakah seluruh Pulau Jawa ikut bergerak bersama-sama dalam satu kesatuan tubuh, atau dahulu merupakan keratan lempeng terpisah satu sama lain yang kemudian menyatu seperti kondisi pada saat sekarang ini.

Dengan memperhatikan permasalahan di atas, sebagai tindak lanjut adalah:

1. meningkatkan penelitian stratigrafi batuan gunungapi dan pemetaan geologinya, khususnya di Jawa dan pada umumnya di seluruh Indonesia.
2. memperbanyak studi perbandingan terhadap pentarikan umur dengan metoda K-Ar dibanding dengan metoda radiometri yang lain, seperti Ar-Ar, U-Pb dan lain sebagainya dengan menggunakan contoh batuan yang sama.
3. melanjutkan penelitian geodinamika Pulau Jawa dalam kaitannya dengan perpindahan lempeng kerak bumi, dimana zona penunjaman selalu mempunyai jarak yang tetap terhadap busur gunungapi dan sudut penunjaman juga tetap.

Kesimpulan

1. Di Jawa telah terjadi tumpang tindih volkanisme sejak Zaman Kapur hingga Paleogen, bahkan menerus sampai Neogen dan Kuartar. Sekalipun terjadi pergerakan lempeng kerak bumi, jarak dari zona penunjaman ke busur gunungapi relatif tetap.
2. Perlu penelitian lebih lanjut, apakah kejadian tumpang tindih volkanisme tersebut merata di seluruh Pulau Jawa atau hanya setempat-setempat. Hal ini akan memberikan implikasi terhadap geodinamika Pulau Jawa dan pencarian sumber daya geologi di daerah tersebut.

Ucapan Terimakasih

Penulis pertama dan ketiga menyampaikan terimakasih kepada Pemimpin Proyek Penelitian dan Pengembangan Geologi, Sumber Daya Energi dan Mineral, Bapak Dr. Ir. Udi Hartono, dan Kepala Puslitbang Geologi, Bapak Dr. Ir. Djajang Sukarna, yang telah mendukung penelitian penulis pertama di daerah Cupunagara, Kabupaten Subang Jawa Barat. Ucapan terimakasih juga ditujukan kepada Dewan Riset Nasional yang telah mensponsori penelitian penulis kedua dan keempat di daerah Pegunungan Selatan Jawa melalui pendanaan Riset Unggulan Terpadu (RUT). Kerja keras saudara Aji Sopandi dalam membantu komputerisasi gambar sangat dihargai.

Acuan

- Bijaksana, S., S. Bronto, L. Ngkoimani & S. Mulyaningsih, 2004, Penentuan lokasi erupsi lava bantal di daerah Berbah-Yogyakarta, Workshop on Paleogene Stratigraphy of Jawa, 28-29 Sept., UGM, Yogyakarta.
- Bronto, S., Achnan, K., W. Kartawa & U. Hartono, 2004, Geologi dan Mineralisasi di Daerah Cupunagara, Kabupaten Subang – Jawa Barat, Forum Penelitian dan Pengembangan Energi dan Sumber Daya Mineral, Balitbang ESDM, 8-9 Sept. 2004, Jakarta (in press).
- Bronto S. & S. Mulyaningsih, 2001, Volcanostratigraphic Development from Tertiary to Quaternary: A Case Study at Opak River, Watuadeg-Berbah, Yogyakarta, Abstr., *30rd Ann. Conv. IAGI & 10th Geosea Reg. Cong.*, G67P, Yogyakarta, 10-12 Sept. 2001, 158.
- Ferari, L., 1995, Data base for assessment of volcano capability, IAEA, contract BC: 100.1010.5410.241.I.201.94CL9070 (unpub. rep.).
- Hartono, G., 2000, Studi gunungapi Tersier: Sebaran Pusat Erupsi dan Petrologi di Pegunungan Selatan Yogyakarta, tesis magister, Program Pasca Sarjana ITB, Bandung, 168 (tak terbit).
- Martodjojo, S., 1984, Evolusi Cekungan Bogor Jawa Barat, Disertasi S3, Fak. Pasca Sarjana, ITB, Bandung, 396.
- Martodjojo, S., 2003, *Evolusi Cekungan Bogor, Jawa Barat*, ITB Bandung, 238.
- Ngkoimani, L., S. Bijaksana, H. Utoyo dan S. Permanadewi, 2004, Data baru umur absolut batuan beku dari daerah Yogyakarta dengan metoda K-Ar, Workshop on Paleogene Stratigraphy of Jawa, 28-29 Sept., UGM, Yogyakarta.
- Pertamina, 1988, Geokronologi dan Evolusi Volkanik daerah Wayang-Windu, Jawa Barat, Geoth. Div., 81 (tak terbit).
- Rahardja, W., Sukandarrumidi & H.M.D. Rosidi, 1977, Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa, skala 1 : 100.000, *Direktorat Geologi*, Bandung.

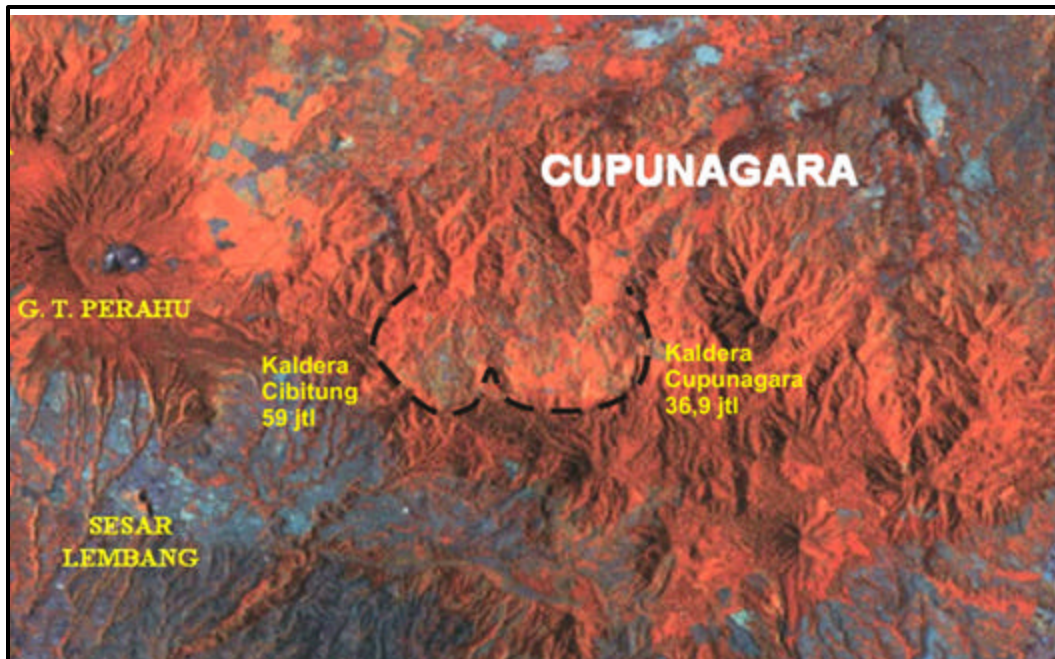
- Saefudin, I., 1987, Kompleks Batuan Busur Vulkanik Daerah Cihara, Kabupaten Lebak, Jawa Barat, tesis S1, Jur. Geol, FMIPA – UNPAD, tak diterbitkan.
- Silitonga, P.H., 1973, Peta Geologi Lembar Bandung, Jawa, skala 1 : 100.000, *Puslitbang Geologi*, Bandung.
- Soeria-Atmadja, R., R.C. Maury, H. Bellon, H. Pringgoprawiro, M. Polve & B. Priadi, 1994, Tertiary magmatic belts in Java, *J. SE Asian Earth Sci.*, v. 9, n. 12, 13-2.
- Soeria-Atmadja, R., H. Pringgoprawiro dan B. Priadi, 1990, Kegiatan magmatik Tersier di Jawa: Studi evolusi geokimia dan mineralogi, makalah dipresentasikan pada Persidangan Sains Bumi dan Masyarakat, Jabatan Geologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 9-10 Juli 1990, 20 h.
- Sujatmiko, 1972, Peta Geologi Lembar Cianjur, Jawa, skala 1 : 100.000, *Puslitbang Geologi*, Bandung.
- Sujatmiko & S. Santosa, 1992, Peta Geologi Lembar Leuwidamar, Jawa, skala 1 : 100.000, *Puslitbang Geologi*, Bandung.
- Sukanto, RAB., 1975, Peta Geologi Lembar Jampang dan Balekambang, Jawa, skala 1 : 100.000, *Puslitbang Geologi*, Bandung.
- Surono, B. Toha, I. Sudarno & S. Wirjosujono, 1992, Peta Geologi Lembar Surakarta-Giritontro, Jawa, skala 1 : 100.000, *Puslitbang Geologi*, Bandung.
- Van Bemmelen, R.W., 1949, *Geology of Indonesia*, vol. IA, Martinus Nijhoff, the Hague, 732.
- Widiyantoro, S., 2002, Migrasi Palung Sunda: Implikasi Dari Citra Tomografi Seismik, *JTM-FIKTM-ITB, Edisi Khusus*, 45-50.



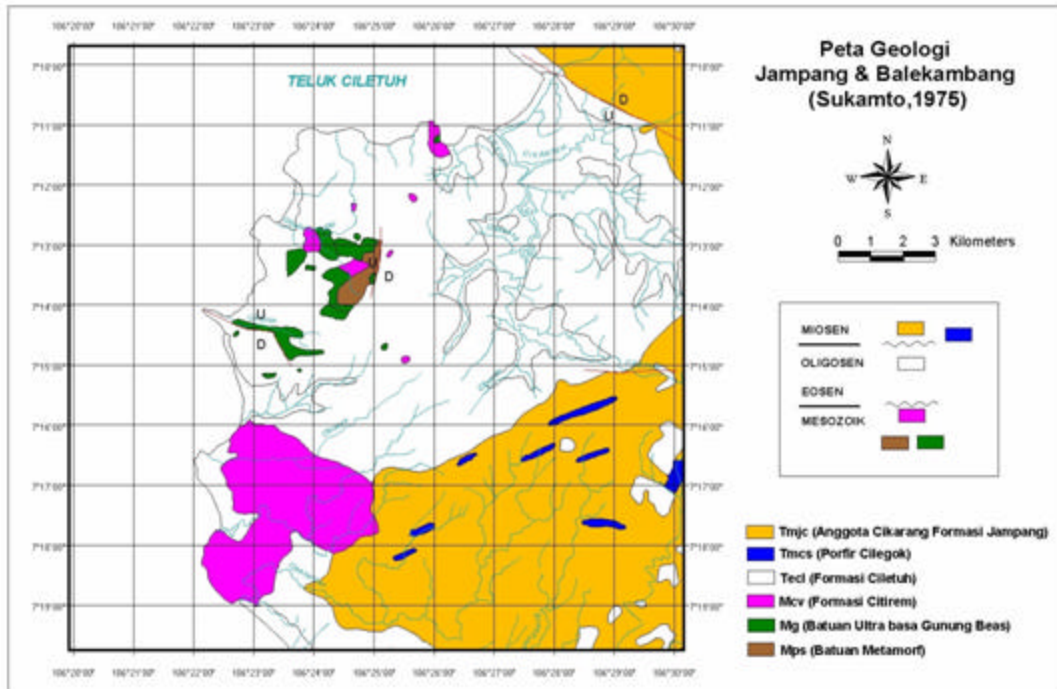
VOLKANISME PALEOGEN

- 30-39 jtl (Eosen Awal-Oligosen Akhir)
- 42-47 jtl (Eosen Awal)
- 56-76 jtl (Kapur-Paleosen)

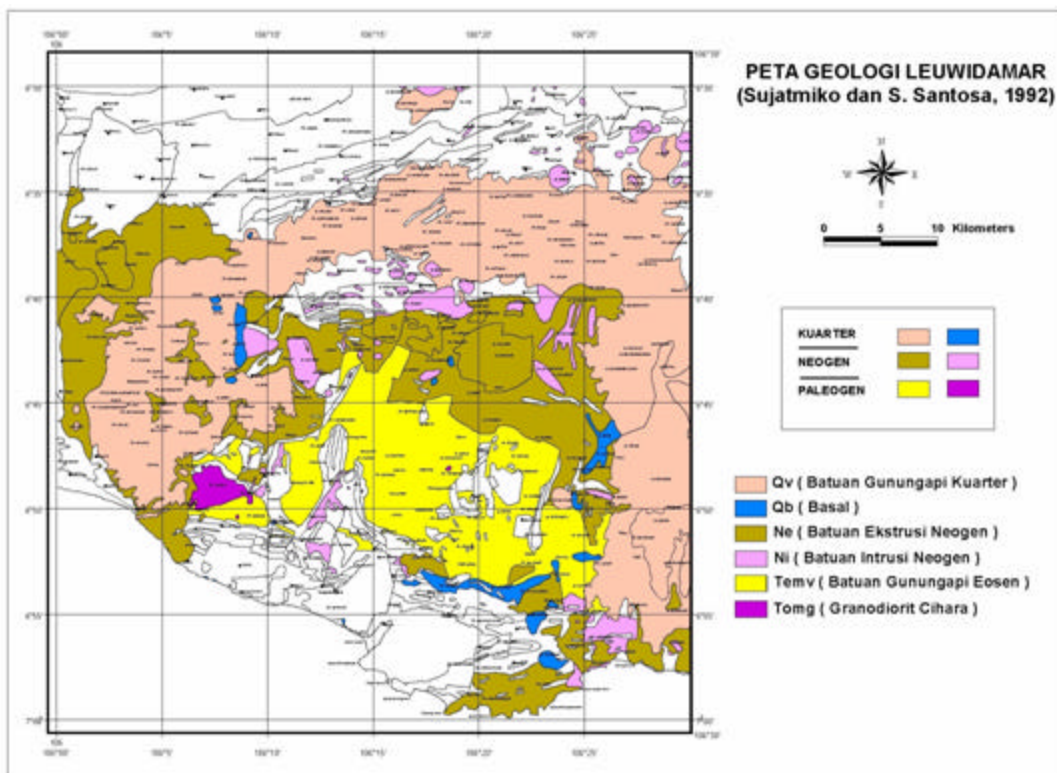
Gambar 1. Peta sebaran batuan gunungapi berumur Paleogen atau yang lebih tua (≥ 30 jtl.) di Pulau Jawa.



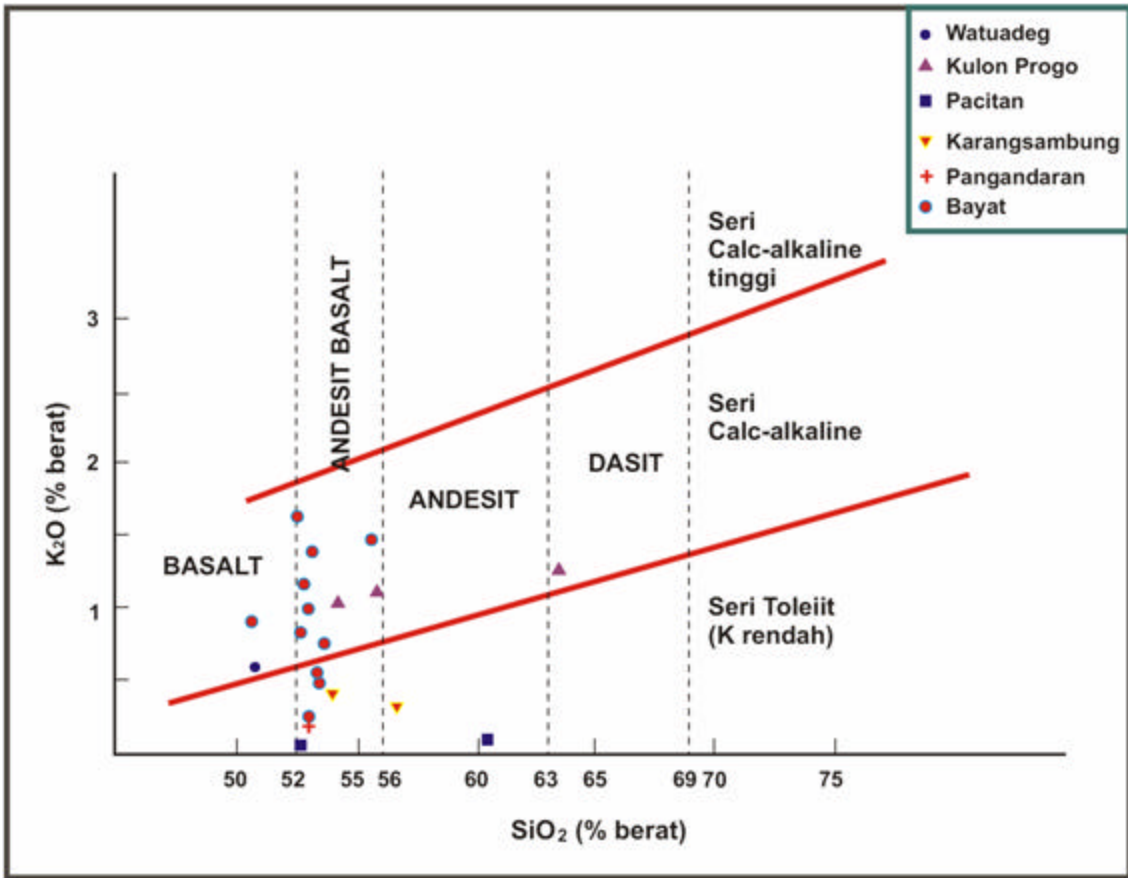
Gambar 2. Citra landsat daerah Cupunagara dan sekitarnya; dijumpai dua kaldera gunungapi tua, yakni Kaldera Cibitung dengan batuan gunungapi berumur 59 jtl. dan Kaldera Cupunagara dengan batuan gunungapi berumur 36,9 jtl.



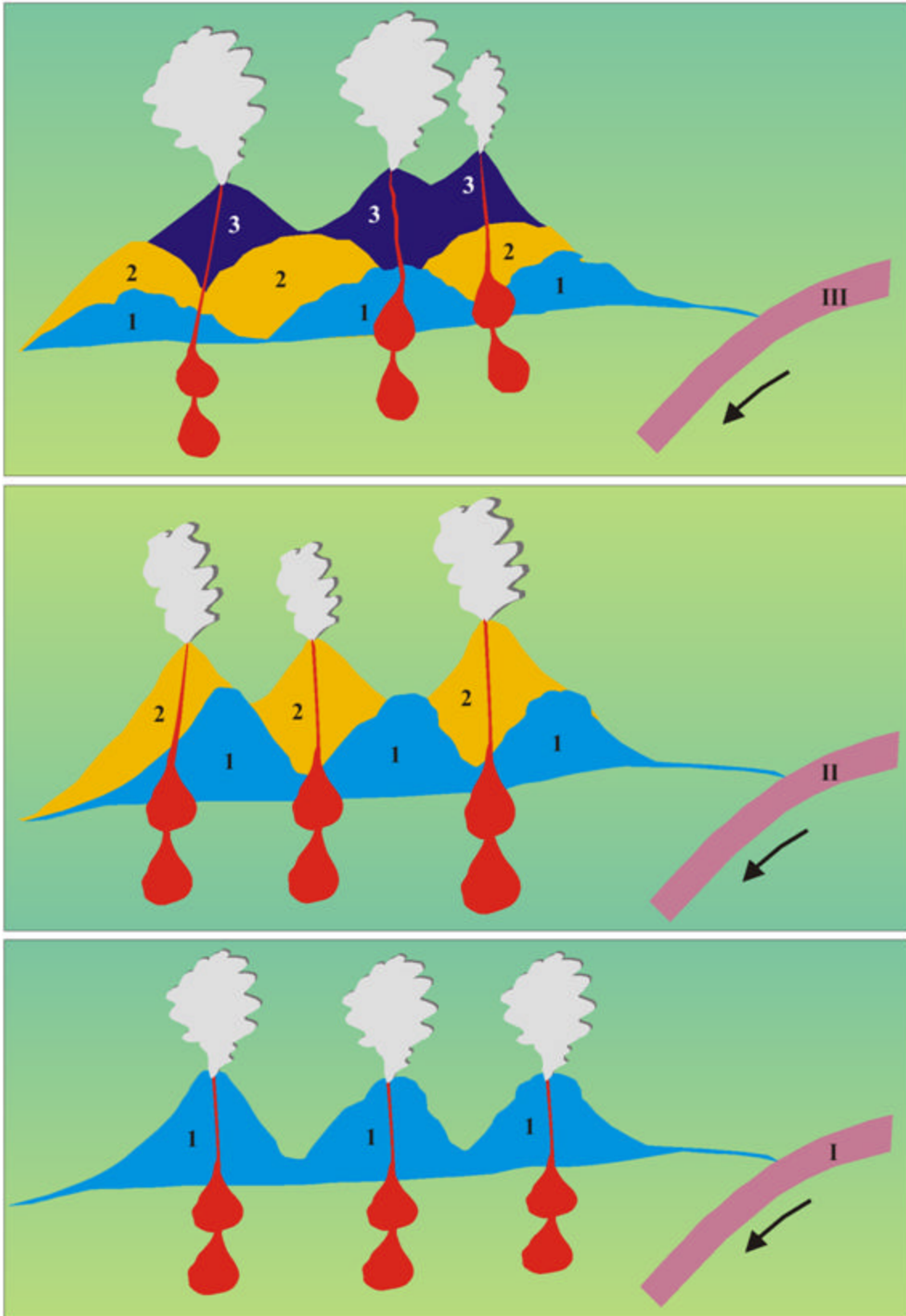
Gambar 3. Formasi Citirem sebagai satuan batuan gunungapi Mesozoik yang di dekatnya terdapat Anggota Cikarang dari Formasi Jampang berupa batuan beku intrusi Porfir Cilegok berumur Miosen Bawah (dimodifikasi dari Sukanto, 1975).



Gambar 4. Formasi Cikotok dan intrusi granodiorit Cihara; produk magmatisme-vulkanisme Paleogen yang hadir bersama-sama dengan batuan gunungapi (Nv) dan intrusi (Ni) Neogen serta batuan gunungapi Kuartar (dimodifikasi dari Sujatmiko & Santosa, 1992).



Gambar 5. Diagram SiO_2 versus K_2O batuan gunungapi Paleogene di Jawa, berkomporsi basal sampai andesit Seri Toleiit – Kapur Alkali.



Gambar 6. Sketsa penampang yang memperlihatkan terjadinya tumpang tindih volkanisme di Pulau Jawa, mulai dari perioda volkanisme 1, 2 sampai ke 3.

Tabel 1 Data umur relatif dan radiometri batuan gunungapi Paleogen atau yang lebih tua (≥ 30 jtl.) di Pulau Jawa.

No.	Batuan Gunungapi Paleogen	Umur (jtl.)	Lokasi dan Acuan
1	Formasi Citirem	Mesozoik	Pelabuhanratu (Sukamto, 1975)
2	Formasi Jatibarang	Kapur - Eosen (?)	Jatibarang, Cirebon (Martodjojo, 1984; 2003)
3	Formasi Cikotok	Eosen Awal (Ta)	Cikotok, Bayah (Martodjojo, 1984; 2003)
4	Intrusi Pongkor, andesit piroksen (dasit ?)	32.30 ± 0.30	Tenggara Sukabumi (Pertamina, 1988)
5	Andesit piroksen, Cupunagara	36.88 ± 3.96 59.00 ± 1.94	Selatan Subang, timurlaut Lembang, Bandung (Bronto dkk., 2004).
6	Retas Pangandaran	24.97 ± 6.38 28.06 ± 6.17	Pangandaran, Jawa Barat (Soeria-Atmadja et al., 1994)
7	Retas Karangsembung	37.55 ± 1.96 39.86 ± 3.31	Kebumen Jawa Tengah (Soeria - Atmadja et al., 1994)
8	Pegunungan Kulon Progo	28.31 ± 3.46 29.24 ± 2.38 29.63 ± 2.26 47.42 ± 3.19 75.87 ± 4.06	Kokap, Kulon Progo (Soeria-Atmadja et al., 1994) G. Pawon, $7^{\circ}46,949'S$ $110^{\circ}05,928' E$ G. Sekopiah, $7^{\circ}46,841'S$ $110^{\circ}06,041'E$, keduanya di Teganing, Kokap, Kulon Progo, DIY
9	Lava basal berstruktur bantal Watuadeg	56.32 ± 3.8	Berbah Sleman Yogyakarta, $07^{\circ}47,548' S$ $110^{\circ}21,905' E$
10	Lava andesit, Kali Ngalang	58.585 ± 3.24	Pegunungan Selatan, Yogyakarta (Hartono, 2000)
11	Retas Bayat	$33,15 \pm 1.00$	Klaten, Jawa Tengah (Soeria-Atmadja et al., 1994)
12	Lava bantal, Kali Grindulu	33.56 ± 9.69 42.73 ± 9.78	Pacitan, Jawa Timur (Soeria-Atmadja et al., 1994)
13	Intrusi diorit, Gunung Pendul, Bayat	29.7 ± 0.5	Klaten, Jawa Tengah.